

Anàlisi dels efectes del canvi climàtic a les Rutes Marítimes Polars

Treball Final de Grau



Facultat de Nàutica de Barcelona
Universitat Politècnica de Catalunya

Treball realitzat per:
Daniel Valiente Lecina

Dirigit per:
Xavier Martínez de Oses

Grau en Nàutica i Transports Marítims

Barcelona, data 01 de juny de 2018

Departament de Ciència i Enginyeria Nàutica



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Facultat de Nàutica de Barcelona

Agraïments

Aquest treball ha estat un repte per a mi després d'uns anys molt durs a la meva família. És per això que vull agrair a la meva mare tot el que ha fet per mi d'ençà que vaig néixer, i sobretot els últims dos anys, on no ha sigut fàcil seguir endavant amb les nostres responsabilitats.

També vull agrair al meu pare Ramón que avui ja no és amb nosaltres, però si he dut a terme aquest treball i aquesta titulació de grau ha sigut per ell. Així doncs, ell ha sigut una gran influència per a mi i l'esforç realitzat en aquest treball és el resultat de tot el que m'ha ensenyat ell durant la seva vida.

De la mateixa manera, agrair al meu tutor Xavier Martínez de Oses, per ser tan atent. Sempre que l'he necessitat m'ha ajudat a tirar endavant el treball.

Resum

L'objectiu d'aquest treball és estudiar l'efecte del canvi climàtic a les rutes marítimes polars, i en conseqüència, la viabilitat d'aquestes com a rutes estables de trànsit de vaixells per a la comercialització internacional utilitzant La Ruta Marítima del Nord (Europa i Àsia), el Pas del Nord-Oest (Oceà Atlàntic i Oceà Pacífic) i la Ruta Transpolar.

Actualment, l'estat d'aquestes noves rutes segueix canviant amb el pas dels anys i s'ha creat un gran interès per part de molts països per aprofitar-les al màxim tant en l'àmbit del transport marítim com en l'àmbit de l'explotació d'energia i minerals, produint un increment de l'activitat humana en la zona.

El que cada cop és més innegable és que el causant d'aquests canvis és el canvi climàtic, i està sent el factor principal i que concentra totes les mirades de les empreses navilieres i explotadores de minerals i energia. És per aquesta raó que es vol reflectir l'impacte que està tenint actualment aquest fenomen en el sector marítim i com afecta l'economia d'aquestes empreses les baixades de preus degut a disminució de temps per ruta, així com el canvi que està patint l'Àrtic.

Si podem imaginar un futur on les rutes polars estables són una realitat, serà necessari veure si aquestes rutes estan preparades amb suficients infraestructures per a una navegació segura, així com una llei de prevenció de la contaminació, ports d'aprovisionament i/o de refugi, instal·lacions de recepció d'aigües residuals, etc...

Abstract

The main purpose of my work is to study the effects of the climate change on the Polar Shipping Routes, therefore the viability of these routes to become permanent so that ships can use them the whole year. These routes are The Northern Sea Route (Europe and Asia) and The Northwest Passage (Atlantic and Pacific ocean).

Because of the climate change, the state of these routes keeps changing and many countries have decided to take advantage of this fact and use them for Maritime Transport and also for exploitation of mineral and energy resources that had not been before able to be found because of the ice. The Arctic has now turned into a work area where human activity has increased.

It is undeniable that the climate change is the main reason why this is happening and why most of the maritime companies that operate throughout the world are interested in this matter due to the reduction of prices and transport timing. Knowing this, I would like to know and reflect the impact of this climate conditions on the Arctic and how this affects the maritime transport.

If we can imagine a future where Polar routes are permanent, there will have to be an assurance that these routes are well prepared to provide a safe-navigation as well as confront pollution, receive residual waters and offer shelter for vessels sailing these waters.

Taula de continguts

AGRAÏMENTS	III
RESUM	V
ABSTRACT	VI
TAULA DE CONTINGUTS	VII
LLISTAT DE FIGURES	IX
LLISTAT DE TAULES	X
INTRODUCCIÓ	XI
CAPÍTOL 1. ESCENARI GEOGRÀFIC I NORMATIVA	12
1.1 DEFINICIÓ D'AIGÜES POLARS	12
1.2 EL CODI POLAR	14
1.2.1 ÀMBIT D'APLICACIÓ	14
1.2.2 CATEGORIES DE VAIXELLS	14
1.2.3 CERTIFICATS DELS VAIXELLS	15
1.2.4 MANUAL D'OPERACIONS EN AIGÜES POLARS	15
CAPÍTOL 2. CONDICIONS CLIMÀTIQUES I LA SEVA EVOLUCIÓ	17
2.1 EL CLIMA AL POL NORD	17
2.1.1 FORMACIÓ DE GEL EN LES AIGÜES DEL POL NORD	19
2.1.2 CLIMA A SVALBARD ABANS DEL CANVI CLIMÀTIC	23
2.2 EL CANVI CLIMÀTIC	25
2.2.1 EVIDÈNCIES	25
2.2.2 CAUSES	26
2.2.3 EFECTES ACTUALS I POSSIBLES EFECTES FUTURS	27
2.2.4 CLIMA A SVALBARD DURANT EL CANVI CLIMÀTIC	28
CAPÍTOL 3. RUTES MARÍTIMES POLARS	30
3.1 RUTA MARÍTIMA DEL NORD (NSR)	31
3.1.1 DESCRIPCIÓ GENERAL	31
3.1.2 CONDICIONS NATURALS DE LA RUTA	32
3.1.3 PRINCIPALS FACTORS CLIMATOLÒGICS QUE AFECTEN DIRECTAMENT LA NAVEGACIÓ	34
3.1.4 LLEI DE TRENCAGLAÇ DE SUPORT A LA NSR	37
3.1.5 SERVEI DE PRÀCTIC DE GEL	38
3.1.6 ANÀLISI COMPARATIU AMB LA RUTA MARÍTIMA DEL SUD (SSR)	39

3.2 PAS DEL NORD-OEST (NWP)	47
3.2.1 HISTÒRIA	47
3.2.2 DESCRIPCIÓ GENERAL	48
3.2.3 CONDICIONS NATURALS DE LA RUTA	51
3.2.4 FACTORS CLIMATOLÒGICS QUE AFECTEN DIRECTAMENT LA NAVEGACIÓ	54
3.2.5 ANÀLISI COMPARATIU AMB LA RUTA MARÍTIMA DEL SUD (SSR)	55
3.3 RUTA MARÍTIMA TRANSPOLAR (TPP)	57
3.3.1 CONDICIONS NATURALS	58
3.3.2 TRÀNSIT EN LES ALTES AIGÜES DE L'ÀRTIC	58
3.3.3 ANÀLISI COMPARATIU AMB LA RUTA MARÍTIMA DEL SUD (SSR)	59
3.4 CONCLUSIONS DELS ANÀLISIS COMPARATIUS	61
3.5 TIPUS DE TRÀNSIT A LES RUTES MARÍTIMES POLARS	64
CAPÍTOL 4. PROBLEMES I NECESSITATS EN LES RUTES MARÍTIMES POLARS	66
4.1 RISCS DE LA NAVEGACIÓ EN AIGÜES POLARS	66
4.2 PREVENCIÓ CONTRA LA CONTAMINACIÓ	70
4.2.1 CONTAMINACIÓ PER HIDROCARBURS	70
4.2.2 CONTAMINACIÓ PER SUBSTÀNCIES LÍQUIDES NOCIVES	71
4.2.3 CONTAMINACIÓ PER AIGÜES RESIDUALS DELS BUCS	71
4.2.4 RESPOSTA DELS PAÏSOS DE LES RUTES MARÍTIMES POLARS DAVANT D'UN VESSAMENT DE PETROLI AL MAR	71
4.3 PRINCIPALS PORTS D'APROVISIONAMENT EN LES RUTES MARÍTIMES POLARS	73
CAPÍTOL 5. CONCLUSIONS, BIBLIOGRAFIA I ANNEXES	76
5.1 CONCLUSIONS	76
5.2 BIBLIOGRAFIA	78
5.3 ANNEXES	79

Llistat de Figures

Figura 1: Aigües Àrtiques; Font: www.oceancms.net ; 26/09/2017

Figura 2: Aigües Antàrtiques; Font: www.oceancms.net ; 26/09/2017

Figura 3: Capa continental de gel; Font: www.google.com ; 28/09/2017

Figura 4: Gel Nilas en etapa inicial de formació ; Font: www.wordpress.com ; 28/09/2017

Figura 5: Nilas en creixement de gruix; Font: www.wordpress.com ; 28/09/2017

Figura 6: Pancake ice o gel en forma de galeta; Font: www.wordpress.com ; 28/09/2017

Figura 7: Piscina de desgel superficial; Font: webcam de la banquisa àrtica, www.wordpress.com ; 29/09/2017

Figura 8: Cresta de pressió; Font: www.wordpress.com ;30/09/2017

Figura 9: Svalbard; Font: www.unviajecreativo.com 10/10/2017

Figura 10: Gràfica de Temperatura i Pluja a Svalbard; Font: www.climatechangenews.com ; 10/10/2017

Figura 11: Rutes Marítimes Polars; Font: <http://www.worldpolicy.org/blog/2015/04/08/future-shipping-trade-arctic-waters> ; 25/11/2017

Figura 12: Ruta Marítima del Nord; Font: www.arcticecon.wordpress.com ; 25/11/2017

Figura 13: Fenomen Whiteout; Font: www.bestnewstivi.com (whiteout produït a la ciutat de Manhattan) ; 13/12/2017

Figura 14: Trencaglaç Yamal; Font: www.google.com ; 02/05/2018

Figura 15: NSR i SSR; Font: <https://mundo.sputniknews.com/infografia/201709051072109257-ruta-transporte-cargas-norte/> ; 08/05/2018

Figura 16: Pas del Nord-oest amb variants; Font: www.wikipedia.com ; 10/05/2018

Figura 17: Navareas de l'Àrtic; Font: www.arctis-search.com 12/05/2018

Figura 18: Principals ports de la NSR; Font: www.google.com ;17/05/2018

Figura 19: Principals ports del NWP; Font: www.google.com ; 18/05/2018

Llistat de Taules

Taula 1: Caract. del vaixell i dades via Suez

Taula 2: Distàncies via NSR

Taula 3: Dades del vaixell CSCL Hamburg

Taula 4: Dades de la ruta via Suez

Taula 5: Comparació amb la NSR

Taula 6: Distàncies via NWP

Taula 7: Dades del vaixell en la NWP

Taula 8: Distàncies via NWP

Taula 9: Dades del vaixell en la NWP

Taula 10: Distàncies via TPP

Taula 11: Dades del vaixell en la TPP

Taula 12: Distàncies via TPP

Taula 13: Dades del vaixell en la TPP

Taula 14: Combustible estalviat en cada ruta

Taula 15: Temps estalviat en cada ruta amb el buc de càrrega general

Taula 16: Temps estalviat en cada ruta amb el buc porta-contenidors

Introducció

El canvi climàtic, estiguem d'acord o en desacord amb els motius que el causen, és un fet real, ja que els seus efectes són visibles i els patim cada dia. Però un dels efectes més visibles i més clars per a tots és el desgel dels casquets polars. Aquest desgel és la causa que ara es pugui navegar durant algunes etapes de l'any per zones on abans era inimaginable.

En aquest treball parlaré dels efectes del canvi climàtic al Pol Nord, on es realitzen aquestes rutes polars. També explicaré quines són les Rutes Marítimes Polars actuals, fent referència al Codi Polar que regula el transport marítim per aquestes zones així com els problemes polítics involucrats en aquest tema.

Un cop explicades les diferents rutes polars, és important saber els avantatges i inconvenients que ens proporciona navegar per aquestes rutes i el perquè del interès de tantes empreses en aquestes rutes.

Caldrà comparar les rutes tradicionals amb les polars per així entendre el per què de l'apartat anterior i conèixer la diferencia de costos que pot suposar navegar per una zona o l'altra. Encara que tot semblin avantatges, com retallar el temps de viatge, costos de energia i emissions de CO₂, també trobarem inconvenients, com poden ser blocs de gel a la deriva, falta d'infraestructures, contaminació d'aquest medi i discussions polítiques per saber qui exerceix sobirania sobre aquestes zones.

Aquests interessos polítics tenen relació amb els tres objectius de les empreses navilieres, com són l'explotació de recursos minerals i energètics al Pol Nord, el trànsit de vaixells de mercaderies i els enviaments de destinació, els quals explicarem detalladament per entendre la situació.

Capítol 1. Escenari geogràfic i normativa

1.1 Definició d'Aigües Polars

Les Aigües Polars són el conjunt d'aigües de l'Àrtic i l'Antàrtic.

Les aigües de l'Àrtic són per definició, les aigües situades al nord d'una línia que va des de la latitud 58°00'0 N i longitud 042°00'0 W fins a la latitud de 64°37'0 N i longitud 035°27'0 W i traçant una loxodròmica, fins a la latitud de 67°03'9 N i una longitud de 026°33'4 W i a continuació, per una altra loxodròmica fins a Sørkapp, Jan Mayen i, per la costa meridional de Jan Mayen fins a l'illa de Bjørnøya, on continua pel cercle polar màxim fins al cap Kanin Nos, i seguint la costa septentrional del continent asiàtic fins a l'estret de Bering i cap a l'oest fins a Il'pyrskiy, seguint el paral·lel 60° cap a l'estret de Etolin, bordejant la costa del continent nord-americà fins a una longitud de 56°37'1 W i, des d'allà, fins a tancar la zona amb les primeres coordenades esmentades.



Figura 1: Aigües Àrtiques; Font: www.oceancms.net

Les aigües de l'Antàrtic son les aigües situades al sud del paral·lel 60° 00'0 S

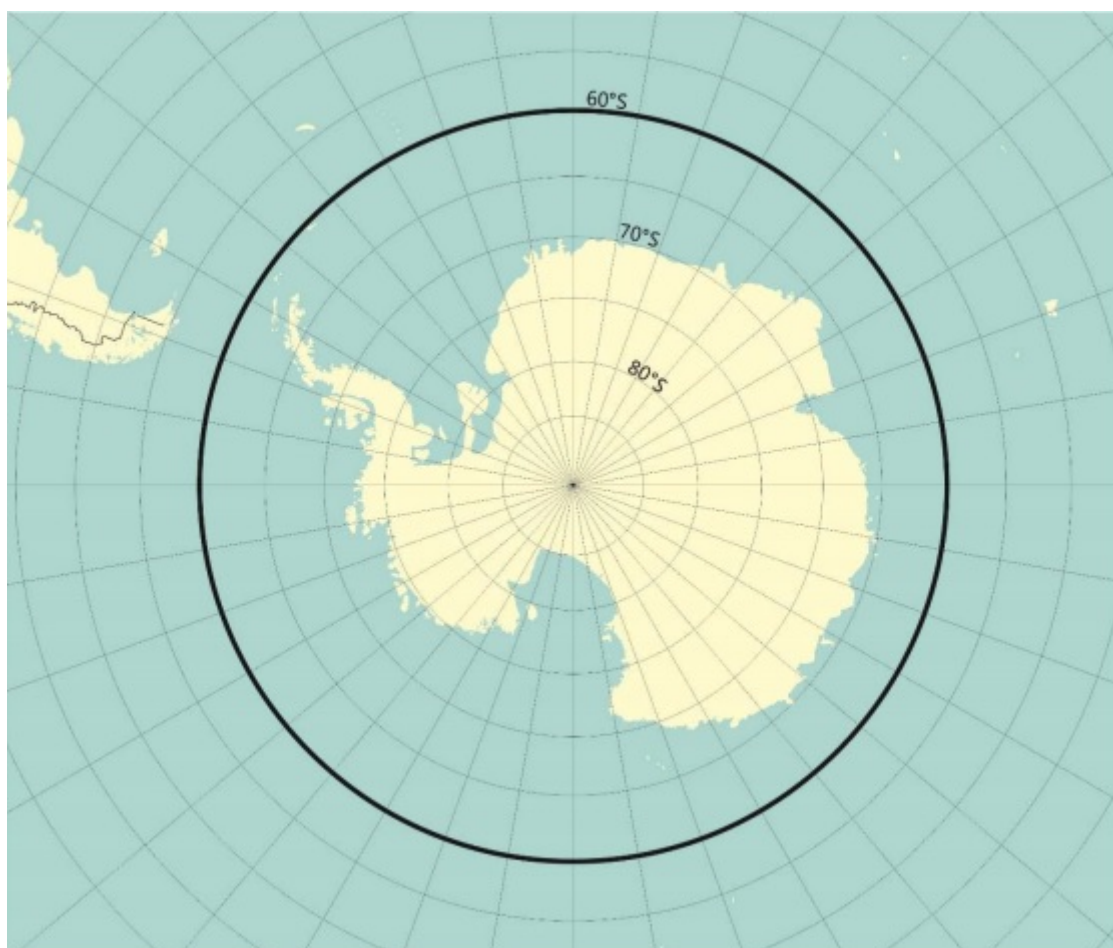


Figura 2: Aigües Antàrtiques; Font: www.oceancms.net

1.2 El Codi Polar

La normativa que podem trobar en referència a l'Àrtic és molt diversa, ja que inclou la normativa internacional, regional, nacional dels països riberencs i la dels organismes privats (Societats de Classificació), per aquest motiu, la OMI (Organització Marítima Internacional) a desenvolupat el nou Codi Internacional per a vaixells que operen en aigües polars (Codi Polar), que va entrar en vigor per a nous bucs l'1 de gener del 2017, de manera que els vaixells ja existents, tenien fins a l'1 de gener de 2018 o fins al seu reconeixement intermedi o de renovació per adaptar-se al nou codi, excepte els vaixells governamentals que no participen en activitats comercials, als quals s'anima a actuar amb "coherència, fins a on sigui raonable i factible", per complir amb els requisits del Codi Polar.

Aquest codi s'ha creat amb la intenció de suplementar el SOLAS (Conveni Internacional per a la seguretat de la vida humana al mar) i el MARPOL (Conveni Internacional per a la prevenció de la contaminació dels vaixells), així doncs, abasta tot el tema de qüestions relacionades amb la navegació en les aigües que envolten els pols com ara projectes, construcció i equips de bucs; operativitat i formació; salvament marítim i la protecció de l'entorn de les regions polars i els seus ecosistemes.

1.2.1 Àmbit d'aplicació

Per norma general, aquest codi s'aplica a tots els bucs disposats a navegar i/o operar a les zones d'aigües polars definides per la OMI.

Inclou mesures obligatòries per a la seguretat (part I-A), que seguiran el conveni SOLAS i per tant, qualsevol buc que operi sota aquest conveni en aquestes zones estarà inclòs, com són els vaixells de més de 500 GT (tones brutes) i vaixells de més de 12 passatgers. La prevenció de la contaminació (part II-A), seguirà el procediment aplicat al conveni MARPOL.

A més, també hi trobarem mesures de caràcter de recomanació per ambdues parts (part I-B i II-B).

1.2.2 Categoria de vaixells

El Codi Polar requereix als bucs que tenen la intenció d'operar en les aigües definides de l'Àrtic i l'Antàrtic que sol·licitin el certificat de Buc Polar, que classificarà el vaixell en una categoria segons les característiques de la seva operació.

Els vaixells de categoria A són els bucs que operen en aigües polars en, com a mínim, gel mitjà de primer any que pot contenir trossos de gel vell, és a dir, un gel d'un espessor aproximat de

70 cm. Aquesta categoria va referida als vaixells que estan destinats a navegar en difícils condicions de gel i de manera independent, és a dir, sense ajuda d'un buc trencaglaç.

Els vaixells de categoria B, no estan inclosos en la A i estan dissenyats per navegar en gel prim de primer any, d'uns 30cm, i que pot contenir trossos de gel vell. Aquests vaixells acostumen a navegar de manera independent o amb l'ajuda d'un trencaglaç.

La categoria C inclou els vaixells que estan dissenyats per navegar per aigües lliures o en condicions de gel menys rigoroses que les categories A i B.

1.2.3 Certificats dels vaixells

L'expedició d'un certificat requereix una avaluació prèvia, tenint en compte el que s'ha comentat anteriorment, és a dir, l'explotació prevista del vaixell i els perills que puguin trobar-se a la zona de navegació d'aquest.

En aquesta avaluació s'haurà d'incloure informació detallada sobre les limitacions operacionals específiques, a més dels procediments i equips de seguretat per a prevenir o disminuir les conseqüències que algun accident podria ocasionar per al medi ambient o la seguretat del vaixell.

Aleshores, un Certificat de Vaixell Polar (PSC), és la confirmació de què un buc compleix amb els requisits i pot complir amb el Codi Polar. Aquest document serà essencial i emès per l'Estat del pavelló o per la Societat de Classificació després d'una inspecció, per aquest motiu s'ha de trobar a bord del vaixell en tot moment abans d'entrar en una zona d'aigües polars.

El certificat està format per quatre parts:

- Classe de vaixell i gel.
- Tipus de vaixell i tipus d'operacions que realitza.
- Limitacions operacionals com podrien ser latituds, tipus de gels, temperatures...
- Informació relacionada amb el disseny del vaixell i canvis que s'hagin pogut realitzar en la seva estructura.

1.2.4 Manual d'Operacions en aigües polars

Tots els bucs han de portar un Manual d'Operacions en aigües polars (Polar Waters Operational Manual) per proporcionar al propietari, armador, capità i tripulació la informació necessària sobre les capacitats i limitacions operacionals del buc de forma que es faciliti el procés de presa de decisions. Això està esmentat en el Capítol 2 del Codi Polar.

Aquest document conté els següents procediments:

- Operacions en zones de gel
- Operacions en baixes temperatures
- Mesures a prendre en cas que les temperatures o condicions del gel excedeixin la capacitat del vaixell
- Comunicacions i navegació en latituds altes
- Duració i planificació de la travessia per evitar excedir les capacitats del vaixell
- Disposar de capacitats per obtenir les previsions ambientals
- Mètodes per saber les previsions de meteorologia i hidrografia
- Mesures especials per mantenir l'equip i la funcionalitat del sistema sota baixes temperatures o formacions de gel.
- Operacions d'escolta o assistència de trencaglaç
- Integritat del vaixell en cas d'atrapament en el gel

Capítol 2. Condicions climàtiques i la seva evolució

2.1 El clima al Pol Nord

El clima polar es caracteritza per tenir gairebé sempre temperatures per sota dels 0°C, i podent arribar fins a una temperatura de -93°C. Això és degut a que els rajos solars arriben molt inclinats respecte a la superfície terrestre, i això provoca que reflecteixi amb el gel i retornin a l'exterior, el qual fa que la calor no quedi retinguda a la superfície terrestre.

El sol brilla als pols de forma ininterrompuda durant sis mesos (primavera i estiu). Aquests sis mesos els anomenem “Dies Polars”. La resta de l'any (tardor i hivern) els anomenem “Nits Polars”.

Les precipitacions al Pol Nord són molt escasses, la humitat relativa molt baixa, i les velocitats dels vents molt altes podent arribar als 100 km/h, el que fa que viure en aquesta zona sigui pràcticament impossible pels humans, tot i que sí que és possible per alguns animals i plantes.

Al Pol Nord podem destacar dos tipus de climes principals: la **Tundra** i el **Gel o Glacera**.

La **tundra** es caracteritza per ser la zona al nord del límit dels creixements d'arbres i al sud del desert polar, és a dir, hi trobem vegetació herbàcia o arbustiva. Però a mesura que ens apropem al cercle polar, la vegetació va desapareixent i queden només algunes plantes i animals, com el conegut ós polar. La tundra cobreix fins a un 10% de la superfície terrestre.

Aquest bioma està sent afectat pel canvi climàtic i es preveu que sigui el que més patirà els seus efectes, ja que actua com una reserva de carboni, concretament conté entre el 12 i el 33% del carboni del món, tant en la capa que es desglaja cada any com en el permagel (gel permanent).

Es preveu que la temperatura augmenti entre 2 i 5°C a causa del canvi climàtic, el que podria provocar el desglaçament de tot o gran part del permagel, i seria un gran problema per al món.

La tundra àrtica, que és la que ens interessa més en certa manera en aquest treball, és la que trobem al desert polar, això vol dir que fins a un 50% de la zona superfície àrtica queda sense

vegetació. Durant l'hivern, que és molt fred de temperatures al voltant dels -70°C , el sòl queda cobert per neu i gel i pràcticament elimina la vegetació de la zona, però durant l'estiu, la capa superior del sòl es descongela degut a les altes temperatures i això provoca que la abundància d'aigua que abans estava congelada ara formi llacs i pantans, provocant un creixement significatiu de la vegetació (molsa i matolls).

El **Gel o Glacera** és el que coneixem de tota la vida com a casquet polar o capes continentals de gel.

Aquest gel es forma gràcies a l'acumulació de neu a les vessants de les valls en zones d'alta muntanya. Aquestes glaceres poden acumular grans dimensions si la neu caiguda és major a la neu desfeta a causa de la calor. Tenen una massa compacta produïda per la compressió de la neu nova que cau. A mesura que augmenta la mida, aquesta glacera anirà desplaçant-se cap avall. El centre de la glacera es mou més ràpidament que els laterals, el qual farà que es produeixi una tensió, ruptura o estirament que es manifesten amb grans esquerdes.

El final d'aquesta glacera serà quan es descongeli o, si ha aguantat la calor, es mantingui.

En alguns casos pot ser que una glacera arribi al mar. Els gels antics o capes continentals que arriben al mar acostumen a fragmentar-se durant l'estiu i formen icebergs.

Aquest és el cas de Groenlàndia, un dels llocs més importants en formació d'icebergs del món.



Figura 3: Capa continental de gel; Font: www.google.com

2.1.1 Formació de gel a les aigües del Pol Nord

Perquè l'aigua es congeli, s'ha de refredar fins a un punt determinat i com ja sabem, l'aigua dolça es congela a una temperatura de 0°C. En el cas de l'aigua salada és diferent, a mesura que augmentem la quantitat de sal en aigua, el seu punt de congelació serà més petit, de forma que en una zona on l'aigua té una salinitat de 30 o 35 PSU (Unitats Pràctiques de Salinitat), com és el cas de l'aigua de l'oceà Àrtic, la temperatura a partir de la qual l'aigua es congelaria és -1,8°C.

En el cas de l'aigua dolça, com la d'un llac, el seu punt de màxima densitat està al voltant dels 4°C, i això vol dir que en aquest moment l'aigua cessarà els moviments verticals, donant la possibilitat a l'aigua de la superfície a refredar-se fins als 0°C i així congelar-se. Aquest no és el cas de l'aigua marina de l'Àrtic, ja que l'aigua salada amb un PSU de més de 27 no té un punt específic de màxima densitat, i això provoca que a mesura que es refredi, augmentarà la seva densitat i per tant, s'enfonsarà i aquesta aigua serà reemplaçada per aigua més càlida i menys densa que prové de més profunditats. Aleshores per donar possibilitat a la congelació en la superfície, tota la columna d'aigua ha de ser refredada a una temperatura de -1,8°C.

El fet que l'aigua de l'Àrtic tingui moltes capes d'aigua amb diferents propietats, permet que la columna d'aigua que s'ha de refredar no abasteixi tota la profunditat marina, sinó que només la profunditat de la capa superficial que conté les mateixes propietats (aquesta capa acostuma a tenir una profunditat d'entre 100 i 150m).

Un cop l'aigua marina està suficientment refredada, es comencen a formar petits vidres de gel d'una mida d'escassos mil·límetres. Aquests vidres acostumen a adaptar una forma lenticular, hexagonal o forma d'agulla, segons les condicions de l'aigua i les fases. Quan aquests vidres es van ajuntant o ampliant, formen una "sopa" de vidres de gel.

La capa de gel que s'anirà formant a partir d'aquí depèn de l'estat del mar. Si el mar es troba en calma, els petits vidres de gel s'aniran soldant entre si formant una capa de gel anomenada "nilas".

Aquesta capa, quan es troba en fase de formació inicial, és transparent i d'un color fosc, ja que deixa veure l'aigua fosca. A mesura que creix en gruix, anirà adoptant un color més clar.

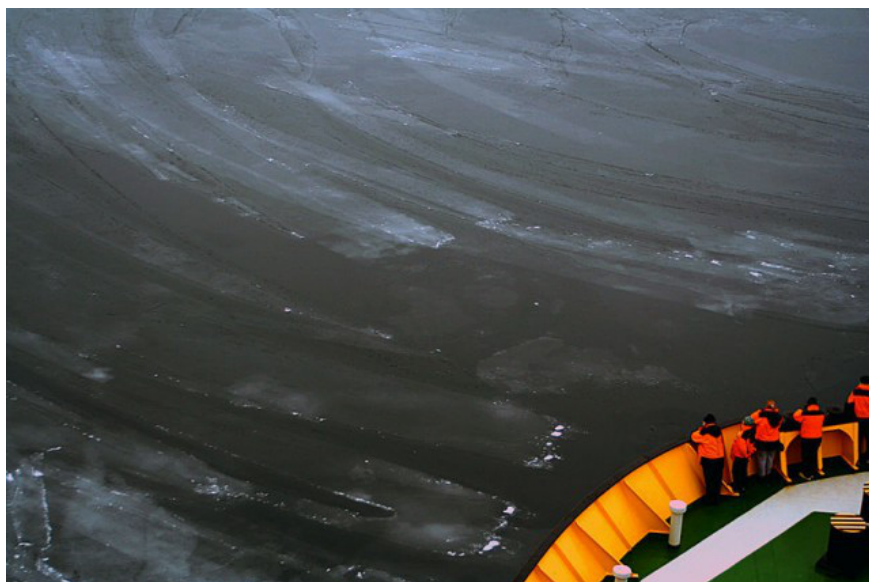


Figura 4: Gel Nilas en etapa inicial de formació ; Font: www.wordpress.com

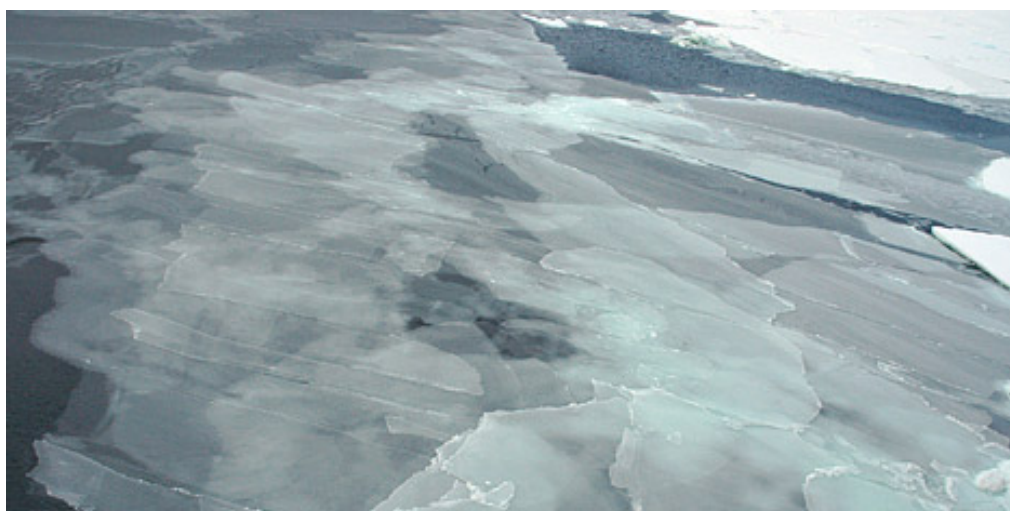


Figura 5: Nilas en creixement de gruix; Font: www.wordpress.com

Si durant l'etapa de formació de gel, el mar es troba en aigües mogudes, la capa de gel no serà contínua, sinó que ho farà en forma de "galetes" o "pancake ice".



Figura 6: Pancake ice o gel en forma de galeta; Font: www.wordpress.com

A partir del "nilas" o del "pancake ice", es crearà una placa de gel marina (si la congelació continua) que s'anirà fent gran a mesura que neva. Per sota també creixerà, sobre tot durant l'etapa inicial que creixerà a gran velocitat i quan tingui un gruix d'un metre aproximadament, li costarà més créixer. La presència o absència de neu també influirà en el creixement del gel.

Quan finalitzi l'hivern, aquest gel de nova formació tindrà una gruix d'entre un i dos metres i amb l'arribada de l'estiu començarà a desfer-se començant per la neu de la superfície que fa d'aïllant. Així doncs, es formaran "piscines" d'aigua.



Figura 7: Piscina de desgel superficial; Font: webcam de la banquisa àrtica, www.wordpress.com

Pot ser que aquest gel es descongeli per complet durant l'estiu, i aquest seria el final d'aquesta placa. Però en el cas que sobrevisqués, es convertiria en gel multi anual. El gel de primer any conté 10 parts per 1000 de sal, mentre que el gel multi anual només en té 2 parts per 1000 de sal. Això és a causa de la capacitat del gel de guanyar rigidesa i solidesa per així poder afrontar el segon any amb més possibilitats de supervivència. El gel multi anual té un gruix d'uns tres metres.

La banquisa àrtica depèn també d'altres factors com els corrents marins o el vent. Aquests factors poden crear canals d'aigua oberts anomenats "leads" o poden provocar que dues plaques xoquin i es solapin, formant crestes de pressió ("pressure ridge") provocant un nou gruix que pot arribar fins a desenes de metres.

El moviment constant del gel degut a aquests factors, fa que aquest gel acabi expulsat cap a l'oceà Atlàntic a través dels estrets de Fram, Nares, etc... S'estima que això passa quan la placa té una mitjana d'edat de 5 anys. Quan aquest gel arriba a l'Atlàntic, les temperatures càlides de l'aigua farà que el gel es desfaci i hagi arribat al seu final.



Figura 8: Cresta de pressió; Font: www.wordpress.com

2.1.2 Clima a Svalbard abans del canvi climàtic

Per veure un exemple del clima al Pol Nord, he triat Svalbard, un arxipèlag noruec que es troba a l'oceà Àrtic, a una latitud de 78°N, i una longitud de 20°O. L'any 2016 aquest arxipèlag tenia una població de 2.654 habitants.

La capital és Longyearbyen, situat a l'illa de Spitsbergen on hi ha la majoria de la població (2.154 habitants). La resta de la població són comunitats mineres i estacions d'investigació.

Svalbard és l'indret més septentrional del món amb una població civil permanent, és a dir, el punt més al nord on podem trobar civils habitant la regió, amb l'excepció d'alguns indrets més al nord on només trobem grups d'investigació.

El clima d'Svalbard és un clima polar, tot i poder trobar temperatures significativament més altes que altres àrees que es troben a la mateixa latitud. L'arxipèlag compta amb una flora que aprofita el llarg període de sol de mitjanit per compensar la resta de l'any, que coneixem com "Nits Polars". També hi podem trobar molta fauna com aus marines, rens, guineus àrtiques, i el conegut ós polar.

Aproximadament el 60% d'aquest arxipèlag està cobert per glaceres.

L'elevada latitud d'Svalbard fa que la temperatura mitjana a l'estiu oscil·li entre 4 i 6°C, i a l'hivern entre -16 i -12°C gràcies al corrent de l'Atlàntic, que modera les temperatures durant l'hivern tot i poder trobar temperatures de fins a menys de -30°C.

Gràcies a l'aigua càlida de l'Atlàntic, les aigües es troben obertes i navegables la major part de l'any, tot i que és a causa de que l'aire fred polar del nord toca amb l'aire càlid del sud es generen baixes pressions i vents molt forts que augmenten a l'hivern. Durant l'estiu és molt típica la boira, que crea visibilitat de menys d'un quilòmetre, i les precipitacions, tot i que són de baixa intensitat excepte a la part deshabitada de l'est, on acostumen a ser intenses, amb més de 1.000 mil·límetres.

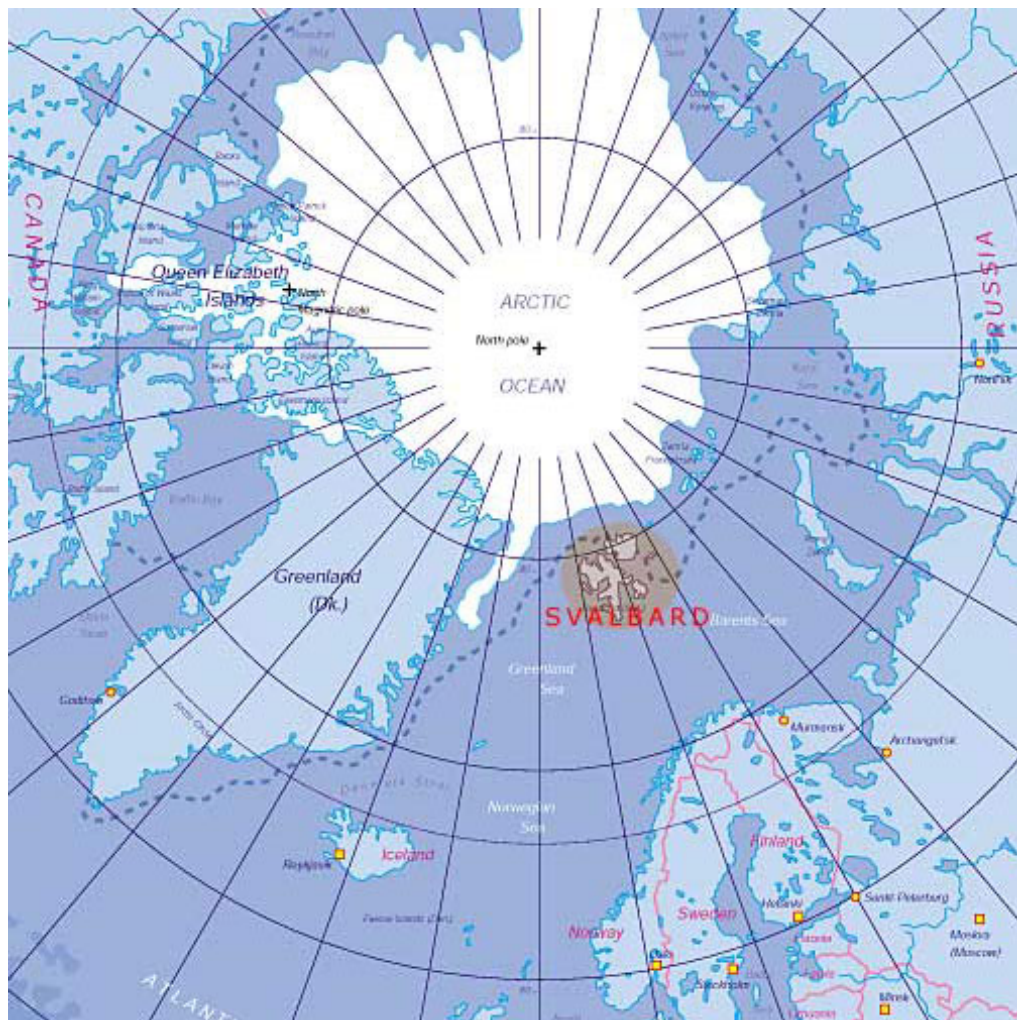


Figura 9: Svalbard; Font: www.unviajecreativo.com

2.2 El canvi climàtic

Com ja he comentat a la introducció, el canvi climàtic és un fet real i cada cop més innegable i aquest estat de desconeixement i incertesa sobre aquest fenomen en el que ens trobem, està provocant que les empreses mirin pel seu benefici i aprofitin la situació.

La meua opinió, és que tots hauríem de fer un esforç per entendre el que està passant i conèixer la situació en la qual el nostre planeta es troba.

El canvi climàtic per definició, és el canvi de les condicions climàtiques normals que hi han hagut a la Terra durant un període de temps de llarg termini. Les condicions climàtiques a la Terra estan variant per diferents motius com poden ser processos biòtics, variacions en la radiació solar rebuda per la Terra, les plaques tectòniques, erupcions volcàniques i, com a causa principal recentment, l'activitat humana.

Aquest procés també s'anomena escalfament global, degut a que un dels principals efectes del canvi climàtic, és l'augment de temperatures a la Terra.

2.2.1 Evidències

La NASA estima que el canvi climàtic té més d'un 95% de probabilitats de ser conseqüència de l'activitat humana, ja que des de mitjans del segle XX ha augmentat la rapidesa amb la qual s'està desenvolupant aquest canvi, donant senyals que ja venia desenvolupant-se sense que ens n'adonem.

El diòxid de carboni ha augmentat a la Terra en un 40% des de la revolució industrial l'any 1750, per tant podem assumir que som principalment culpables d'aquest fenomen.

Hi ha moltes evidències que mostren que el canvi climàtic és real, com per exemple:

- **Augment global de temperatures:** La temperatura mitjana del nostre planeta ha augmentat 1,1°C des de finals del segle XIX, gran part degut a les emissions de CO₂, entre d'altres emissions realitzades per l'home. És important esmentar que 16 dels últims 17 anys més calents de la Terra han sigut a partir del 2001. L'any 2016 va ser l'any més calent mai registrat.
- **Escalfament dels oceans:** Degut a l'augment de les temperatures, els oceans han patit les conseqüències i 700m de profunditat en tots els oceans s'han vist afectats augmentant les temperatures 0,16777°C.
- **Encongiment de les capes de gel:** Tant les capes de gel de Groenlàndia com les de l'Antàrtida han començat a desfer-se i fins i tot en alguns casos desaparèixer. Groenlàndia va perdre des de 150 fins a 250 km³ de gel per any des del 2002 fins al 2006.

- **Desaparició de glaceres:** Les glaceres estan desapareixent pràcticament a tot arreu del món incloent els Alps, Himalayas, Andes, *Rockies*, Alaska i Àfrica.
- **Les capes de neu es desfan més aviat:** Les vistes des dels satèl·lits mostren que les capes de neu a les zones de l'hemisferi nord s'estan desfent molt més aviat del que ho acostumaven a fer.
- **Augment del nivell del mar:** El nivell del mar ha augmentat 0,2032 metres i s'estima que durant el segle XXI augmenti entre 0,3 i 2.5 metres. El nivell del mar està augmentat a un ritme doble al del segle passat.
- **Disminució d'extensió i gruix del gel de l'Àrtic:** Tant l'extensió com el gruix del gel de l'oceà Àrtic ha disminuït molt ràpid durant les últimes dècades.
- **Augment de les catàstrofes naturals:** Han augmentat en un nombre molt gran els huracans i grans tempestes, en especial als Estats Units i Carib.
- **Acidificació dels oceans:** L'acidificació dels oceans ha augmentat en un 30% com a resultat de les emissions de CO₂ a l'atmosfera causades per l'activitat humana.

2.2.2 Causes

Una de les causes principals del canvi climàtic és l'efecte hivernacle, ja que fa que alguns dels seus gasos atrapin la calor que radia del sol a la Terra i no és capaç de retornar a l'exterior.

Els gasos que formen l'efecte hivernacle són els següents: el vapor d'aigua (H₂O), l'òxid de nitrogen (N₂O), el metà (CH₄) i el diòxid de carboni (CO₂).

El vapor d'aigua és el més abundant de tots, i actua com a "feedback" del clima actual. El vapor d'aigua augmenta a mesura que s'escalfa la Terra, i alhora, augmenten les precipitacions i els núvols, d'aquesta forma actua com a fenomen visible de l'efecte hivernacle.

El diòxid de carboni és un dels components més importants a la nostra atmosfera, i és alliberat gràcies a processos naturals com la nostra respiració o erupcions volcàniques. Un dels problemes del diòxid de carboni és que actualment s'allibera de forma desmesurada per culpa de l'activitat humana en les desforestacions i durant la combustió de combustibles fòssils. Segons la NASA, els humans hem augmentat la concentració de CO₂ a l'atmosfera en més d'un terç des que va començar la revolució industrial. Per tant, podríem dir que és el fenomen provocador del canvi climàtic més forçat per l'home.

El metà és un hidrocarbur produït per fenòmens naturals i per l'activitat humana. Malgrat ser un gas forçat també pels humans, és un element molt menys abundant a l'atmosfera que el CO₂.

L'òxid de nitrogen és un gas d'efecte hivernacle produït pels cultius, especialment els cultius de fertilitzants d'ús comercial i orgànic, combustions de combustibles fòssils, producció d'àcid nítric i combustions de biomasses.

Hi ha un cinquè element que forma part dels gasos d'efecte hivernacle que s'anomena Clorofluorocarburs (CFCs). Els CFCs són components sintètics d'origen industrial alliberats a l'atmosfera i que, degut a que són gasos que afecten la capa d'ozó, ara estan regulats tant en producció com en alliberament.

Aleshores, l'activitat humana en relació a les combustions de carbó i fuels, provoca que es fusionin el carbó i l'oxigen, creant CO₂, i modificant l'estat de la nostra atmosfera. D'aquesta manera, grans quantitats de diòxid de carboni a l'atmosfera ens porta a patir unes conseqüències que potser no som del tot conscients. Ara bé, és difícil predir quines seran exactament les conseqüències futures, però sí que podem veure quins són els efectes immediats que estem patint com hem comentat en l'apartat anterior, són evidències.

Les activitats industrials realitzades per les civilitzacions modernes han augmentat els nivells de CO₂ de 280 parts per milió a 400 parts per milió en només 150 anys, per aquesta raó no podem obviar el fet que som els causants de l'augment de temperatures que la Terra està patint en aquests últims 50 anys.

La NASA explica que mentre en el passat hem patit canvis climàtics degut a la disminució d'energia produïda pel Sol, aquest cop no s'han trobat evidències que expliquin que aquest cas sigui també produït pel Sol, ja que des del 1750, l'energia rebuda per part del Sol s'ha mantingut o inclús augmentat. A més, si aquest canvi climàtic fóra produït pel Sol, esperaríem que totes les capes de la Terra s'haguessin escalfat, i trobem que no ha sigut el cas. S'ha observat com la temperatura de la superfície terrestre ha augmentat mentre que la temperatura a la part alta de l'atmosfera ha disminuït, i l'única raó per la qual això es pot produir és que els gasos d'efecte hivernacle atrapin aquesta calor sense deixar-la sortir a l'exterior de l'atmosfera.

2.2.3 Efectes actuals i possibles efectes futurs

Les conseqüències del canvi climàtic poden ser moltes. Algunes d'elles ja estan sent observables i patides per la Terra i tots els éssers vius en ella. Glaceres disminuint la seva massa, el gel dels rius i llacs es desfà abans d'hora, les plantes i els animals estan canviant i els arbres floreixen abans d'hora.

Aquests efectes ja havien estat previstos pels científics i ara s'estan convertint en realitat, com la pèrdua de gel als oceans Àrtic i Antàrtic, l'augment del nivell del mar, i onades de calor més intenses.

Els científics estan segurs que això només és el principi i el canvi climàtic continuarà mostrant els seus efectes durant els anys vinents i dècades, inclús segles.

Es creu que la magnitud dels efectes del canvi climàtic depenen en gran part de les emissions de gasos d'efecte hivernacle a l'atmosfera i, la capacitat de la Terra en aguantar aquestes emissions atrapades sense canviar acceleradament el clima. Per tant, està en les nostres mans controlar aquestes emissions i tenir cura del nostre planeta, ja que de no fer-ho, les temperatures seguiran creixent, les estacions de l'any seguiran canviant, hi haurà més precipitacions, un augment important de tempestes i huracans amb més força que els actuals (devastadors), més períodes de sequera, augments en el nivell del mar, i un dels més importants, un oceà Àrtic sense res de gel durant les èpoques d'estiu.

2.2.4 Clima a Svalbard durant el canvi climàtic

Per contrastar els fets comentats en aquests apartats anteriors, vull comparar el clima que Svalbard estava acostumat a patir i el que està patint en l'actualitat, per a poder tenir un exemple de com està sent afectat pel canvi climàtic.

El 22 de novembre de 2016, *Karl Mathiesen*, periodista ambiental australià, va escriure un article explicant el canvi climàtic que estava patint Svalbard. Aquest article està titulat "*Melting Arctic*" i parla sobre els canvis del temps i temperatures de l'arxipèlag i a més podem trobar participacions de gent com *Kim Holmén*, director internacional de l'institut polar noruec.

Kim Holmén explica que la tardor de 2016 Svalbard comptava amb 10°C de temperatura per sobre del normal i amb molta pluja els mesos d'octubre i novembre, el qual és molt inusual en aquestes èpoques de l'any. A més a més, els fiords no es congelen i es pot observar gent pescant bacallà, el qual és un indicador que si aquest animal es troba en aquestes aigües és perquè s'han escalfat.

El mar està controlant el temps que pateix l'arxipèlag i entre l'octubre de 2015 i octubre de 2016 ha plogut un 64% més del normal gràcies a les altes temperatures del mar.

Les glaceres, que acostumen a formar-se a finals de tardor i principis d'hivern, s'empeteixen i la pluja escarda el propi gel, agreujant la situació i desfent el gel.

S'estan patint grans tempestes que causen esllavissaments de terra i la civilització d'Svalbard està començant a plantejar-se si val la pena continuar vivint en aquest indret.

El govern de Noruega està contemplant els fets i decidint si algunes zones de l'arxipèlag han de ser marcades com a zones no segures i per tant la població d'aquestes zones hauria de canviar de localització dins l'arxipèlag.

La part positiva d'aquests fets, explica Holmén, és que estan apareixent noves indústries, com la indústria del bacallà que es pot realitzar tot l'any, a l'igual que celebren l'arribada a l'arxipèlag del cranc de neu que prové del sud.

Per l'altra banda, la part positiva dura poc, ja que les espècies que depenen del gel per sobreviure estan començant a desaparèixer degut a l'arribada d'altres espècies que competeixen pel clima càlid. Un exemple és el cas dels ocells polars àrtics, els quals estan desapareixent degut a que ocells provinents del sud els superen en nombre i ocupen els seus hàbitats.

El cas de l'ós polar no està del tot clar, ja que l'any 1973 es va implantar una llei que prohibeix la caça dels mateixos i per tant la població d'ossos encara s'està recuperant des de llavors.

Segons Holmén, el que estem veient és una "Atlantificació" de Svalbard.

Svalbard temp and rainfall (monthly vs long term)

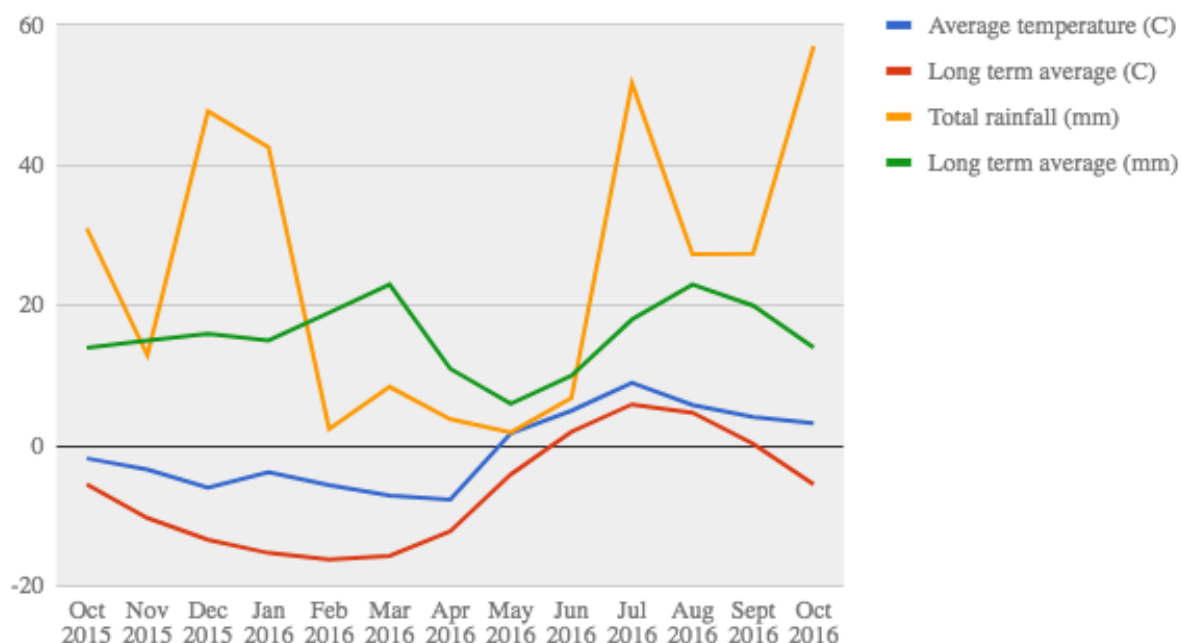


Figura 10: Gràfica de Temperatura i Pluja a Svalbard; Font: www.climatechangenews.com

Capítol 3. Rutes Marítimes Polars

Després d'haver comentat el canvi climàtic i les seves causes, podem parlar de les conseqüències en quan a la navegació a l'oceà Àrtic. Degut al canvi climàtic, durant alguns períodes de l'any la navegació és possible en aquestes zones i aquest fet ha portat a diferents països a interessar-se per fer d'aquestes rutes, rutes viables i permanents de forma que els vaixells puguin estalviar temps de navegació i, l'empresa, diners en combustible i tasses de peatges com per exemple el del Canal de Suez.

Les principals rutes marítimes polars són les següents:

- Ruta Marítima del Nord o també coneguda com Pas del Nord-Est (Northern Sea Route)
- Pas del Nord-Oest (North-West Passage)
- Ruta Marítima Transpolar (Transpolar Sea Route)

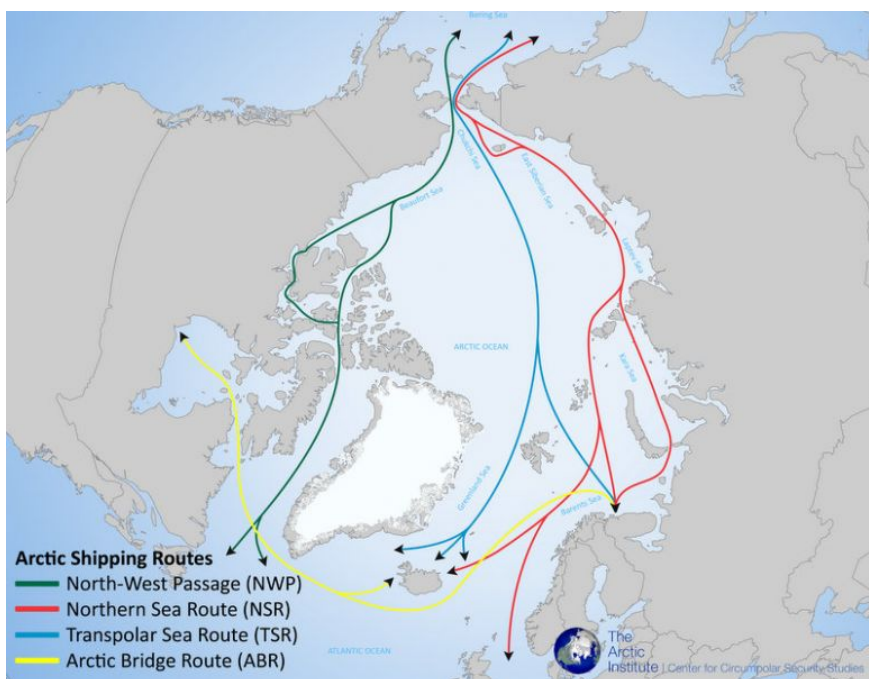


Figura 11: Rutes Marítimes Polars; Font: <http://www.worldpolicy.org/blog/2015/04/08/future-shipping-trade-arctic-waters>

3.1 Ruta Marítima del Nord (Northern Sea Route)

3.1.1 Descripció general

La Ruta Marítima del Nord o també coneguda com a Ruta del Nord-est, és la ruta de navegació que uneix l'oceà Atlàntic i l'oceà Pacífic recorrent les aigües de la costa del nord de Rússia.

Es consideren aigües d'aquesta ruta, les aigües de la costa de la Federació Russa, que estan formades per les aigües interiors, el mar territorial, la zona adjacent i la zona econòmica exclusiva de Rússia. Aquesta ruta recorre la costa (d'Oest a Est) des del mar de Barents, travessant el mar de Kara i el mar Laptev, costejant Sibèria Oriental fins a arribar al mar de Chukchi i finalment, passar per l'estret de Bering que connecta la ruta amb l'oceà Pacífic.

Va ser a principis del segle XXI quan els primers vaixells trencaglaç van navegar aquestes aigües i va ser l'any 1930 quan l'URSS (actualment Rússia) va anomenar aquesta ruta *Northern Sea Route*.

Així doncs, històricament aquesta ruta estava molt relacionada amb l'explotació comercial de les regions del nord. Gràcies als bucs trencaglaç es podien transportar recursos naturals així com també equips i productes a zones de difícil accés.

Actualment es segueixen realitzant aquesta classe de treballs amés de realitzar explotacions de matèries primes en plataformes de l'Àrtic.

L'any 1991, Rússia va decidir obrir aquesta ruta per al tràfic internacional de mercaderies. Noruega i Japó van ser els primers països en utilitzar-la, però les condicions climatològiques extremes van mantenir la majoria de països lluny d'aquestes aigües.

En els últims anys, aquesta és una de les rutes de gran interès mundial gràcies al fet que connecta els dos grans oceans Atlàntic i Pacífic i per tant són de gran interès comercial per al transport marítim internacional.

Aquesta ruta té una llargària d'unes 3.000 milles nàutiques tot i que dependrà de les condicions del gel i del tram que s'escolleixi navegar que aquesta ruta sigui més o menys llarga. Això és degut a que cada tram compte amb diferents tipus de gel a l'igual que diferents condicions climatològiques, per tant, el tram més curt pot ser també el tram menys segur per a la navegació.

Principalment el gel és quasi sempre el factor més important a tenir en compte, ja que és el factor més influent durant la navegació i per tant sempre s'haurà de tenir en compte l'estació

de l'any i la variabilitat anual del gel. La temporada de navegació en aquesta zona comença aproximadament a principis de juliol i dura fins a la segona quinzena de novembre.

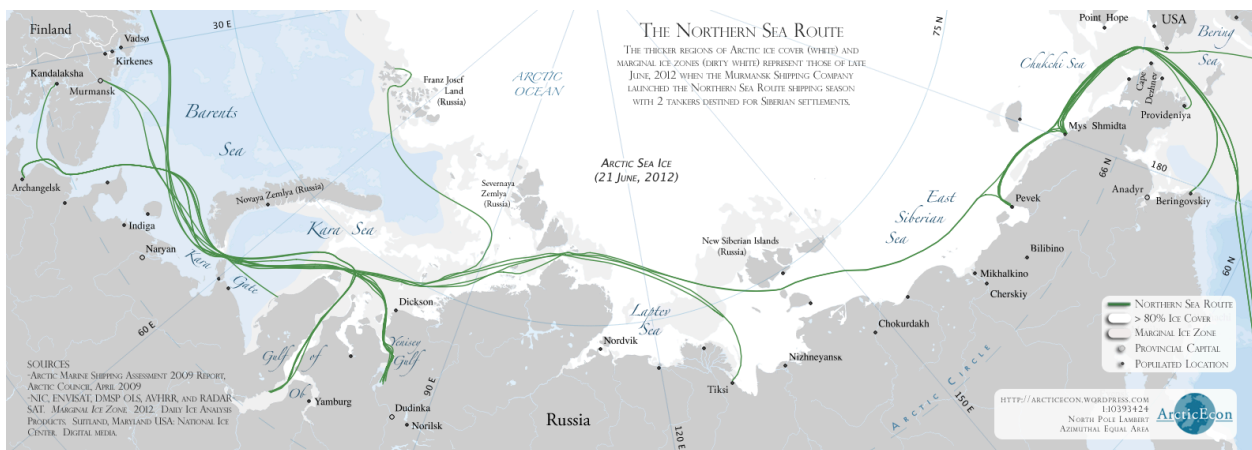


Figura 12: Ruta Marítima del Nord; Font: www.arcticecon.wordpress.com

3.1.2 Condicions naturals de la Ruta Marítima del Nord

El clima al llarg d'aquesta ruta és diferent de qualsevol altre clima del món. Per aquest motiu, és de gran importància sempre mantenir la vigilància de la meteorologia, ja que navegant per aquestes aigües podríem trobar-nos amb tempestes molt fortes, boires molt denses i nevades.

Com s'ha comentat en l'apartat del canvi climàtic, la cobertura de gel està disminuint a l'Àrtic degut a l'escalfament al qual ha estat sotmesa la regió de l'Àrtic. El mar Chukchi es troba lliure de gel durant èpoques que han arribat a durar 3 mesos cada any des del 1979.

La temporada de navegació de la NSR ha augmentat de 3 mesos fins a 6 mesos a l'any. A més, per allargar la temporada de navegació, les autoritats russes han invertit molts diners a construir el buc trencaglaç més gran i potent del món, permetent al govern rus obrir 41 ports àrtics per a donar servei als altres països durant la ruta, incloent els que es troben oberts tot l'any com són, d'oest a est, *Múrmansk* (península de Kola), *Petropavlovsk*, *Magadán*, *Vanino*, *Najodka* i *Vladivostok*. Gràcies a les noves infraestructures, el trànsit en aquesta ruta ha augmentat considerablement durant els últims 8 anys.

Les condicions naturals d'aquesta ruta són molt variades. Durant els períodes en què es troba oberta, es poden trobar vents forts i moderats, baixes temperatures de l'aire, molta boira i, a finals de temporada, llargues nits polars, ventisques i tempestes de neu.

Donat que cada zona té una climatologia diferent, dividirem les condicions naturals en 3 grans zones; la zona de l'Atlàntic, la zona siberiana i la zona del Pacífic.

- **Zona de l'Atlàntic:** Aquesta zona inclou el mar de Barents, l'occident del mar de Kara i una petita part al nord dels dos que topa amb l'oceà Àrtic.

Les condicions meteorològiques d'aquesta zona es basen en freqüents tempestes a l'hivern i molta boira i precipitacions a l'estiu.

Una de les característiques del mar de Barents es que mai es troba completament cobert de gel. Durant l'hivern el gel ocupa un 55% aproximadament de la superfície total del mar. El mar de Kara durant l'hivern es troba completament cobert per gel fixe i gel que es troba a la deriva. Durant l'estiu, la part occidental del mar de Kara no es troba completament lliure de gel. A més, el mar de Kara té dos massissos anomenats Novozemelsky i Severozemelsky, que ocupen una extensió del 80% del sud-oest del mar de Kara durant l'hivern, mentre que a l'estiu ocupen entre un 10 i un 20%. L'estret de Kara compta amb una llargària de 18 milles nàutiques i una profunditat mínima de 21 metres. Durant l'hivern la porta d'aquest estret es troba coberta de gel a la deriva. La temporada de navegació sense vaixell de suport es d'uns 3 mesos en aquesta zona.

- **Zona Siberiana:** Inclou l'orient del mar de Kara, el mar de Laptev i l'occident del mar de Siberia del Est. En la part nord oriental del mar de Kara, hi trobem els massissos Severozemelsky, que durant l'hivern es troba ocupant tota aquella zona per complert, mentre que a l'estiu és inferior al 30 % d'aquella superfície.

La principal influència meteorològica en aquesta àrea és la baixa siberiana a l'hivern, on les temperatures acostumen a ser més baixes, mentre que a l'estiu augmenten a la costa continental. Les zones septentrionals d'aquesta àrea es mantenen fredes tot l'any. El mar de Laptev compta amb la extensió de gel fixe més gran del món durant els mesos de gener a juny amb un espessor del gel de fins a 2 metres degut a les baixes temperatures que arriben als 30 graus sota zero. Degut a les corrents i vents, el gel en aquesta zona acostuma a desaparèixer en gran part desviant-se cap al sud. Entre el gel que prové del mar de Kara i el gel desviat per corrents i vents del mar de Laptev, l'estret i la costa Vilkitskii Taymyr es trobaran amb grans quantitats de gel durant tot l'any, el qual es un problema ja que aquest estret es la connexió entre el mar de Kara i el mar de Laptev, ocupant 60 milles nàutiques de la Ruta Marítima del Nord i donant pas a qualsevol tipus de buc gràcies a la gran profunditat de l'estret. Dependrà del vent i de les corrents que les entrades a l'estret es trobin disponibles ja que fins l'agost s'hi pot trobar gel. També es pot travessar l'estret de Shokalskiy per accedir al mar de Laptev des del mar de Kara, amb una profunditat mínima de 37 metres no dona problemes de

calat, però si que dona problemes de gel ja que acostuma a tenir condicions més complicades de gel durant tot l'any.

- **Zona del Pacífic:** L'orient del mar de Sibèria de l'Est i el mar de Chukchi.

En aquesta àrea destaquen fortes tempestes amb fluctuacions de temperatura a l'estiu i vents forts junt amb tempestes i aire molt fred a l'hivern.

Al llarg del mar de l'est de Sibèria podem trobar gels de gruix entre 1,7 i 2 metres, i degut a l'àmplia plataforma continental aquest gel es pot expandir fins a 500 km cap a l'exterior de la costa. Durant l'hivern, els vents predominants provenen del sud, permetent la navegació bordejant el gel fixe.

L'estret de Dmitri Laptev es troba al sud de l'illa de Nova Sibèria i uneix els mars de Laptev i l'est de Sibèria amb una llargària de 63 milles nàutiques i una amplitud de 30 milles nàutiques, tot i que compti amb una profunditat d'entre 12 i 15 metres per la part occidental i 10 per la part oriental, restringint el tràfic marítim en vaixells de menys de 6,7 metres de calat.

Com a alternativa, hi ha l'estret de Sannikov unint els mateixos mars, i té 160 milles de longitud i una profunditat mínima de 13 metres, permetent la navegació a la gran majoria de bucs tot i que degut a les baixes polars que si troben en aquestes zones, hi ha una reducció de visibilitat considerable.

El mar de Chukchi és la part més a l'orient de la NSR i durant l'estiu arriba a perdre fins al 80% de la seva extensió de gel, que es troba des d'inicis de desembre fins a mitjans de maig. L'estret Longa separa l'illa Wrangle de la zona continental i uneix els mars de l'est de Sibèria i Chukchi. Aquest estret que té 75 milles d'amplitud dóna lloc a dos passos possibles. El primer consta de 120 milles nàutiques i 20 metres de profunditat i el segon, 160 milles nàutiques i 33 metres de profunditat. En aquesta zona durant l'hivern el gel creix molt ràpidament.

3.1.3 Principals factors climatològics que afecten directament la navegació

Tenint en compte tots els factors climatològics que intervenen al llarg d'aquesta ruta, és important diferenciar quins afecten directament a la navegació:

Baixa Polar

Una baixa polar és un sistema de baixes pressions de petita escala i que tenen un període de vida molt curt. Es localitzen en àrees oceàniques degut al front polar dels dos hemisferis quan l'aire fred circula cap a fora sobre un aire relativament més calent. Aquestes baixes polars produeixen forts vents i ràfegues de neu molt fortes.

Temperatura de l'aire

La temperatura de l'aire varia segons l'estació de l'any. A l'estiu, la temperatura de l'aire és propera als 0º C. A principis de tardor, les temperatures de l'aire baixen per sota dels 0º C, amb petites variacions regionals. Aquesta transició té lloc a finals d'agost en les parts més septentrionals dels mars de Kara i Laptev i la part central del mar de Sibèria oriental, mentre que en les parts centrals dels mars de Kara i Laptev i les parts més septentrionals dels mars de Barents, Chukchi i el mar Siberià, té lloc a finals de setembre. Al sud-oest del mar de Barents, aquesta transició de temperatures no té lloc fins a mitjans de novembre.

Visibilitat

Com ja hem dit anteriorment, a la ruta marítima del nord hi ha molta boira en els mesos d'estiu, reduint la visibilitat de forma considerable.

Aquesta boira es forma a causa de l'aire calent i humit que es mou per sobre de l'aigua més freda o aire més fred movent-se per sobre d'aigua més calenta.

Un dels altres factors pels quals la visibilitat es veu reduïda són les ratxes de vent fort amb neu. Aquest factor acostuma a tenir lloc en època de tardor, hivern i inici de primavera.

El fenomen anomenat "Whiteout" és la condició en la qual la neu i els núvols canvien la forma en què la llum es veu reflectida, de forma que només podríem veure objectes molt foscos. Quan es produeix aquest fenomen, el cel i la neu assumeixen un color blanc, fent que l'horitzó sigui indistingible. El "Whitout" acostuma a tenir lloc durant la primavera i tardor, quan el sol està a prop de l'horitzó i el cel ennuvolat.

La brillantor òptica és un altre dels fenòmens que es produeixen en aquesta ruta, produint-se quan una capa d'aire més fred i calent interactuen de forma convectiva, és a dir, creant una refracció de la llum de manera que els objectes es veuen borrosos.



Figura 13: Fenomen Whiteout; Font: www.bestnewstivi.com (whiteout produït a la ciutat de Manhattan)

Vent

El vent és un dels factors meteorològics més habituals en la navegació i en el cas de l'oceà àrtic, el vent afecta directament al gel que es troba a la deriva empentant el gel i de la mateixa forma també el debilita fent-lo més petit i menys visible. Les ventisques en aquestes regions es troben a partir de juny i a l'octubre.

Gel

Al llarg de la Ruta Marítima del Nord, el gel es pot trobar en qualsevol moment. Durant els anys on hi ha hagut gran quantitat de gel, els mars de l'Àrtic es troben pràcticament coberts de gel a la deriva durant tot l'estiu i durant els anys de poc gel, aquest es retira cap als límits del nord i es comencen a desfer a mitjans de juny al nord dels mars de Kara i Laptev i a finals de setembre al nord del mar Chukchi.

Els nivells de gel varien segons l'estació de l'any. A finals d'octubre, el gruix pot arribar un nivell mitjà de 25 a 30 cm. Cap al desembre, arriba entre els 70 i 90 cm i quan arriba al nivell màxim de gel és al maig, que pot tenir fins a 140 i 210 cm.

Durant la navegació, les zones on s'acostumen a trobar massissos (acumulacions d'alta concentració de gel i gran gruix) són a les regions dels mars de Kara i Barents anomenades Novozemelskiy, Severozemelskiy, Taymyrskiy i Ayonskiy.

En condicions de gran quantitat de gel, aquest gel es pot moure molt ràpid i la situació pot canviar en minuts, per tant, sempre és recomanable seguir les instruccions del trencaglaç o pràctic de gel que hi ha a la ruta.

3.1.4 Llei dels trencaglaç de suport per bucs que naveguen per la Ruta Marítima del Nord

Els bucs trencaglaç de suport són vaixells autoritzats per la bandera estatal de la federació Russa i el suport d'aquests bucs inclou assegurar la seguretat de la navegació en aigües de la Ruta Marítima del Nord.

La pròpia administració de la NSR indicarà en els permisos de navegació, la informació sobre la necessitat d'assistència de vaixell trencaglaç en condicions de gel pesat, mig i lleuger durant la navegació en la zona de la NSR. Tots els vaixells trencaglaç de suport en aquestes aigües són de la Federació Russa, i aquesta estableix els aranzels per usatge tenint en compte la capacitat del buc, el suport tècnic i el període de navegació.

El propietari del buc i l'organització que presta els serveis de suport amb el buc trencaglaç acordaran el lloc i hora de començament i final del suport.

La mateixa organització serà la que organitzarà la formació de vaixells que el seguiran i estaran en comunicació pel canal 16 VHF, per així seguir les instruccions del trencaglaç en tot moment.

Durant la navegació, el capità del vaixell haurà d'assegurar-se que:

- El vaixell es troba en la posició acordada amb el trencaglaç.
- El vaixell manté la posició en l'ordre de convoy, velocitat i distància amb els vaixells del davant i darrera acordades.
- Les instruccions del capità del trencaglaç són realitzades.

- En cas de impossibilitat de mantenir una determinada posició, velocitat o distància, serà comunicat al capità del trencaglaç.
- El nivell d'aigua del pou de sentina serà revisat cada hora i després de cada col·lisió amb gel.
- Si hi ha algun dany estructural es comunicarà al buc trencaglaç.

3.1.5 Servei de pràctic de gel a la Ruta Marítima del Nord

El servei de pràctic de gel serveix per a garantir la navegació segura i prevenció d'accidents al mar, així com la protecció del medi ambient en la NSR.

A l'igual que en el cas dels trencaglaç, les tasses del servei de practicatge dependran de la Federació Russa i aniran segons la capacitat del buc, la classe del buc, distància a navegar i el període de temps.



Figura 14: Trencaglaç Yamal; Font: google

3.1.6 Anàlisi comparatiu entre la NSR (Ruta Marítima del Nord) i la SSR (Ruta Marítima del Sud)

Actualment, el 80% de les mercaderies és transporten per mar i la major part de transports es realitzen en direcció est-oest utilitzant la Ruta Marítima del Sud, passant per Singapur i el Canal de Suez per accedir als principals ports europeus, així com Gibraltar per també accedir als ports del nord d'Europa.

Les empreses navilieres tenen una gran preocupació a l'hora de realitzar un transport, com ve a ser el temps de transport i el combustible que es consumirà. Per aquest motiu les grans empreses i governs estan estudiant les rutes alternatives com vénen a ser les Rutes Marítimes Polars per a optimitzar el transport marítim.

Gràcies al canvi climàtic, l'oceà Àrtic ens està obrint noves possibilitats degut al desgel que està patint, d'aquesta manera, és necessari estudiar quins avantatges i inconvenients representen aquestes noves oportunitats.

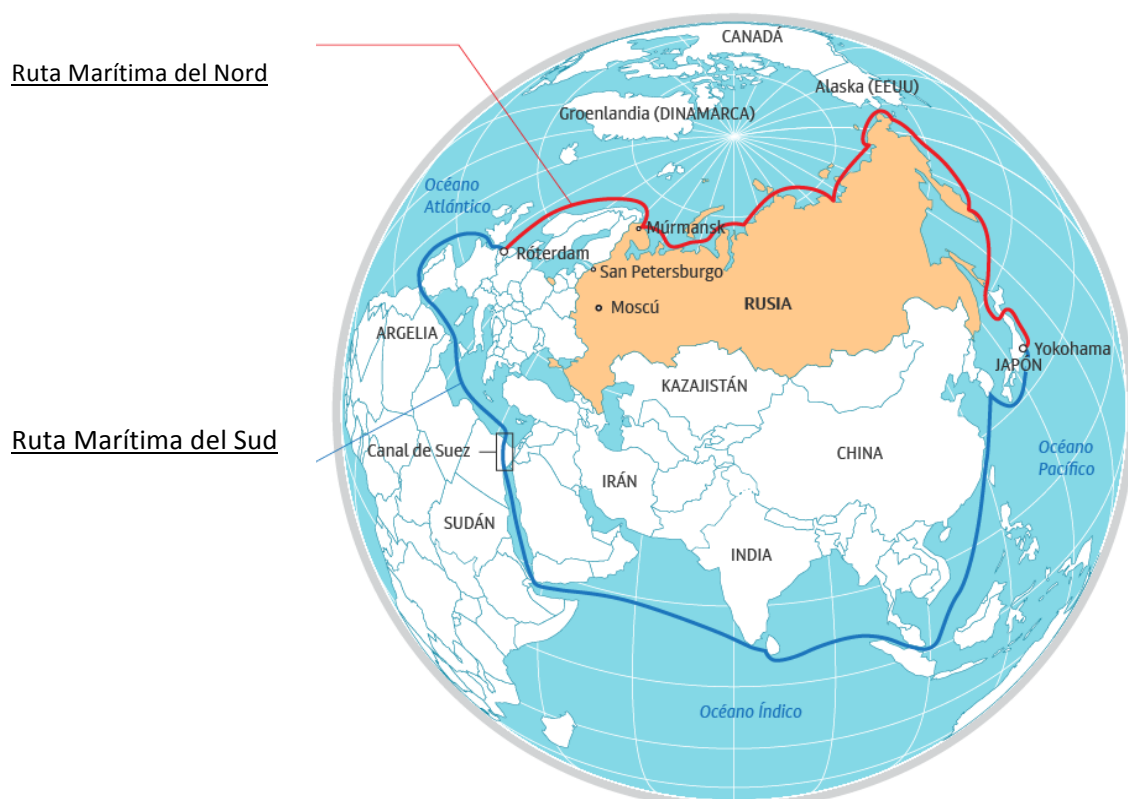


Figura 15: NSR i SSR; Font: <https://mundo.sputniknews.com/infografia/201709051072109257-ruta-transporte-cargas-norte/>

En aquest apartat farem una ullada als costos que representa utilitzar la NSR en comparació amb un viatge similar utilitzant el Canal de Suez. La forma més habitual per comparar els costos seria fer un càlcul de costos total del transport per tona transportada (per cada ruta), seguit d'un cost total pel servei de la línia regular i la quantitat que es transportarà cada any, i finalment, focalitzar-nos en els diferents costos en totes les rutes alternatives.

El que interessa a l'empresa és reduir els costos del transport i que, a més a més, l'estalvi de temps per a la realització del transport permeti un cert nombre de viatges l'any. És a dir, hem de suposar que s'han de transportar un cert nombre de tones a l'any d'es d'un punt A, a un punt B. Doncs bé, si aquest nombre de tones es poden portar en el període de temps d'un any utilitzant la NSR i estalviant temps i diners, estaríem parlant que aquesta ruta interessa molt. En cas contrari, i que no es poguessin transportar tal nombre de tones en el període d'un any, no seria rentable.

Suposant el cas hipotètic que en un futur les condicions del gel a l'Àrtic hauran canviat, haurem d'assumir que no es necessitarà l'assistència d'un buc trencaglaç, per tant, no tindrem en compte el cost per l'assistència d'aquest buc.

Seguidament s'expliquen una sèrie d'exemples en els quals mirarem els costos que implicaria per al propietari d'un buc fer servir una alternativa o una altra.

EXEMPLE 1 – Ruta des de Yokohama fins a Hamburg via Canal de Suez (Buc de càrrega general)

Per calcular els costos farem servir les dades d'un vaixell de característiques similars al Beluga Fraternity.

**NOTA: Totes les taules creades a continuació provenen d'exemples de http://www.arctic-search.com/Arctic+Shipping+Routes+Cost+Comparisons+with+Suez#Benchmark_Route_1:_General_Cargo_Ship_from_Yokohama_to_Hamburg_via_Suez que s'han modificat per a actualitzar les dades a dia d'avui, tant pel peatge del Canal de Suez, com pel combustible.*

Característiques del vaixell:

Gross tonnage	9611
Net tonnage	4260
DeadWeight	12672
Suez Canal Net tonnage	12915
Draught in meter	8
Service speed	14 kn
Gram fuel per kwh	190
Power in kw	5400
Ton fuel per day at service speed	24,624

Ruta via Suez:

Distance in NM	11430
Journey days at service speed	34
Fuel consumption in tons	838
Suez canal Toll in USD	105.449,61
Hull and machinery insurance per day	250
P&I insurance USD/day	200

Taula 1: Detalls del vaixell i dades via Suez

El peatge que s'ha d'abonar per navegar les aigües del Canal de Suez està calculat utilitzant la calculadora que ofereix l'Autoritat del Canal de Suez, utilitzant el canvi actual, *Special Drawing Rights/USD* (1 SDR= 1,4 dòlars americans).

Les xifres de les assegurances estan basades en xifres del Drewry (2007), on xifres anuals han esdevingut dòlars/dia, tot i que fer la comparació d'assegurances és bastant complicat, ja que els vaixells que passen pel Golf d'Aden han augmentat molt degut a la pirateria en aquella zona, i per tant, podria ser un dels motius pels quals seria avantatjós navegar la NSR. De fet una de les raons per les quals Xina s'ha interessat molt per la NSR és aquesta.

Com que estem suposant un escenari futurista, no tindrem en compte aquesta assegurança de pirateria, però és important que ho mantinguem en ment, ja que és una raó a favor de la NSR.

COMPARACIÓ AMB LA NSR:

Hi ha tres paràmetres importants que canviaran si ens decidim per aquesta ruta:

- La distància (el qual afectarà el consum de fuel)
- La velocitat (Reducció al passar per la NSR)
- El cost d'assegurances

Tindrem en compte que no farem servir l'assistència de trencaglaç. Assumirem però, un cost addicional d'un "Ice Navigator", tot i que el cost d'aquest és menor comparat amb el total.

La distància variarà segons quina ruta triem dins de la NSR. Partint que el buc té un calat de 8 metres, utilitzarem la ruta més curta que consta de 2.200 milles nàutiques. La distància total serà aleshores de 6.920 milles nàutiques, el qual és un 40% menys que la ruta via Canal de Suez. També hem de tenir en compte la reducció de velocitat i comptarem que navegarem a una

Yokohama – Bering Strait	2700 NM
Bering Strait – Novaja Zemlja	2500 NM
Novaja Zemlja – Hamburg	2000 NM
Total	7200 NM

velocitat de 12 nusos de mitjana, i com a conseqüència, el consum de fuel es veurà reduït. Hem d'assumir també, que blocs de gel es poden trobar a la deriva i una assegurança de casc del vaixell serà necessari, comptant que pot arribar a ser fins al triple que la ruta via Suez. Per tant:

Distància dins de la NSR en NM	2200
Distància fora de la NSR en NM	5500
Vel. Dins de la NSR en nusos	12
Vel. Fora de la NSR en nusos	14
Consum de fuel a 12 nusos (Ton/dia)	15,5
Dies dins la NSR	9
Dies fora la NSR	14
Total de dies	23
Consum de fuel dins la NSR en tons	135
Consum de fuel fora la NSR en tons	344
Consum Total de fuel	479
Estalvis de fuel en Tons	359
Costos d'assegurança	10.600

Taula 2: Distàncies via NSR

Observant l'última taula, veiem que els principals estalvis utilitzant la NSR provenen de la reducció de fuel (en un 20%) a causa de la disminució de dies de navegació i velocitat. La quantitat de diners estalviats dependrà del preu del fuel en aquest moment.

Actualment el preu del fuel de baix sulfur a Hamburg és, segons la web Ship&bunker, d'uns 457 \$/tona, mentre que el dièsel oil és 656 \$/ton. Tenint en compte que el 2020 es preveu una

regulació de l'ús de sulfur en el fuel, es bastant probable que els bucs en un futur pròxim facin servir dièsel, que és un 50% més car que el fuel.

En el cas del moment que es va prendre aquestes dades, el fuel estava a \$457, el qual suposa un estalvi de \$164.063. Pel que fa al peatge del Canal de Suez, estalviem \$105.449,61. En total serien \$269.512,61.

La reducció en despeses de fuel implica alhora una reducció d'emissions de CO₂, el qual contribueix al medi ambient de l'Àrtic.

Ara bé, s'ha de tenir en compte que és un vaixell de gairebé 13.000 DWT, i estalvia 269.512,61 dòlars, això implica que s'han d'abonar uns 16 \$/ton per a un trencaglaç en cas de necessitar-lo, el qual serien uns 160.000 dòlars, i l'estalvi produït es veuria minimitzat.

EXEMPLE 2 - Ruta des de Shanghai a Hamburg via Canal de Suez (buc porta-contenidors)

El següent buc rep el nom de CSCL Hamburg, i les seves dades són les següents:

Gross Tonnage GRT	39.941	Calat en metres	12,6
Net Tonnage NRT	24.458	Velocitat de servei	23
DeadWeight Ton DWT	50.790	Gram fuel per kwh	190
TEU	4.253	Power in kw	36.515
Suez Canal Net Tonnage SCNT	57.387	Ton fuel per dia a velocitat de servei	166,5

Taula 3: Dades del vaixell

Dades de la ruta via Suez:

Distància en NM	10.857
Dies de navegació a velocitat de servei	20
Consum de fuel en Ton	3.275
Peatge Canal de Suez	271.861,57
Assegurança de casc i maquinària	600
P&I assegurança (\$/dia)	330

Taula 4: Dades de la ruta via Suez

COMPARACIÓ AMB LA NSR:

Distància dins la NSR	2.700	Dies totals	18
Distància fora la NSR	5.530	Consum de fuel dins la NSR en tons	302
Velocitat dins la NSR en nusos	14	Consum de fuel fora la NSR en tons	1.669
Velocitat fora la NSR en nusos	23	Consum de fuel total	1.971
Consum de fuel a 14 nusos (ton/dia)	37,6	Estalvis de consum de fuel	1.304
Dies dins la NSR	8	Costos d'assegurança	20.709
Dies fora la NSR	10	Estalvis peatge Canal de Suez	271.861,57

Taula 5: Comparacio amb la NSR

Si tornem a agafar els preus del fuel de baix sulfur d'ara 2018, el qual és de \$457 per tona, veiem que en fuel estalviem \$595.928, que si ho sumem al total estalviat, ve a ser \$867.789,57, o 204,04 dòlars per contenidor. També és cert que només estalviem dos dies de navegació, però la quantitat estalviada és molt beneficiària.

L'Administració de la NSR conta que cada contenidor té un pes de 24 tones. Si aquest fos el cas, el nostre buc només podria portar 2100 TEU, que seria el 50% de la seva capacitat. Si nosaltres estipulem un pes realista i cada contenidor pesa 11 tones, el buc totalment carregat hauria de pagar \$15 per tona en cas d'assistència de buc trencaglaç. L'administració va estipular una taxa per càrregues de contenidors de \$31 per tona l'any 2003, que ve a ser el doble del que ens interessa.

Ja que gairebé cap porta-contenidors es mou a la velocitat de servei i degut als alts preus de combustible i excés de capacitat en les operacions de contenidors, aquesta comparació resulta poc realista. Si es redueix la velocitat de 23-24 nusos a 16 nusos, l'anada i tornada des del llunyà orient i Europa s'incrementa de 63 a 84 dies. Per tal de mantenir la freqüència, els operadors hauran d'usar més vaixells en un servei específic i tenint en compte l'estalvi de combustible, és rentable emprar més vaixells.

Aleshores, podem dir que aquesta comparació és rellevant en una situació de mercat amb poca capacitat de TEU's. Per tant, aquest exemple basat en un tràfic de contenidors amb una visió total del servei tindria més sentit.

3.2 La Ruta Marítima del Pas del Nord-Oest

Aquesta ruta marítima connecta l'oceà Atlàntic amb l'oceà Pacífic i, per tant, podria proporcionar una alternativa al Canal de Suez, per al transport marítim entre Europa i Àsia, o al Canal de Panamà, en el cas de navegar des de la costa oest d'Amèrica a la costa est.

Aquesta ruta passa per l'oceà Àrtic i consta de varies rutes possibles dins de la mateixa que separen l'arxipèlag canadenc.

S'especula que amb l'escalfament global i la reducció de la capa de gel a l'Àrtic, la ruta podria arribar a estar prou lliure de gel com per a permetre un nou transport comercial segur, almenys durant certes èpoques de l'any. De fet, el 21 d'agost de 2007, va romandre obert al trànsit sense necessitat de trencaglaç. Segons l'Institut Polar Noruec, aquest va ser el primer cop que va quedar lliure de gel des que es van començar a prendre registres l'any 1972.

Algunes estimacions assenyalen que el trajecte pot arribar a ser navegable cap a l'any 2020, cosa que si fos certa, disminuiria considerablement el trajecte marítim entre Europa i Àsia, convertint-lo en una ruta alternativa al Canal de Panamà i Suez.

El Govern del Canadà considera que tots els estrets pels quals discorre la ruta forma part de les seves aigües interiors, però diversos països mantenen que en virtut de la Convenció de les Nacions Unides sobre el Dret del Mar, aquests estrets han de ser considerats estrets internacionals, per així permetre el trànsit marítim lliure i sense peatges. És una qüestió molt controvertida, ja que en aquestes zones s'han trobat reserves importants de petroli, gas, diamants i plom.

3.2.1 Història del Pas del Nord-Oest

La cerca d'aquesta ruta es remunta al segle XVI, però no va ser fins a l'any 1900 que Amundsen la va creuar per primer cop.

El valor econòmic d'aquesta ruta que connecta l'oceà Atlàntic i l'oceà Pacífic ja ve creixent com hem dit des de fa molts anys. Els espanyols parlaven d'aquesta ruta com a la "Recta de Anián" i Francisco de Ulloa ja va ser enviat a la península de la Baixa Califòrnia per explorar aquesta ruta. Exploradors anglesos, incloent Martin Frobisher, John Davis i Henry Hudson, van buscar des del costat atlàntic a finals de l'any 1500 i principis del 1600, però no van tenir èxit.

Durant els anys 1600 i 1700, aquestes exploracions van fracassar, fins que l'any 1849, Robert M'Clure, va passar a través de l'Estret de Bering amb la intenció de navegar fins a l'oceà Atlàntic. La seva nau va quedar-se atrapada pel gel a prop del canal Vescomte Melville. Finalment, després de passar 3 hiverns en el gel i alguns morir de gana, van ser rescatats per

una expedició liderada per Edward Belcher, que havien arribat fins a ells en trineu. M'Clure va tornar a Anglaterra essent així, el primer en circumnavegar les Amèriques i en descobrir i transitar pel pas del Nord-oest.

L'any 1906, per primer cop a la història, l'explorador Ronald Amundsen i la seva tripulació van ser els primers en creuar el Pas completament pel mar. Van trigar 3 anys en creuar-lo, el qual era poc esperançador per a fins comercials ja que les aigües que havien navegat eren poc profundes.

No va ser fins a l'any 1944 que Henry Larsen i la seva tripulació va creuar la ruta en una sola temporada, tot i que també van trobar-se amb aigües massa poc profundes.

3.2.2 Descripció general

El pas del Nord-oest (en anglès, Northwest Passage), és la ruta marítima que voreja Amèrica del Nord pel nord, travessant l'oceà Àrtic i connectant l'estret de Davis i l'estret de Bering, és a dir, oceà Atlàntic i oceà Pacífic.

Aquesta ruta discorre per un conjunt d'estrets que es localitzen a l'arxipèlag àrtic canadenc, entre les grans illes àrtiques i les terres continentals. D'oest a est, el pas del Nord-oest parteix de l'oceà pacífic, l'estret de Bering (separa Rússia i Alaska), i segueix pel mar de Chukchi i el mar de Beaufort.

A partir d'aquest punt, hi ha de 5 a 7 rutes possibles, que depenen del tipus de vaixell, s'escollirà una o altra. La ruta continua creuant la Badia de Baffin i arriba fins a l'estret de Davis, on connecta amb l'oceà Atlàntic.

De les set rutes, les principals són (d'est a oest):

1. Prince of Wales

Lancaster Sound – Barrow Strait – Viscount Melville Sound – Prince of Wales Strait – Amundsen Gulf.

Lancaster Sound consta de 80 km d'amplitud i 250 km de longitud, amb una profunditat superior a 500 m. Barrow Strait té 100 km d'ample i 350 de llarg, amb gel multi anual que prové de l'estret de M'Clure. Viscount Melville Sound té una amplitud d'uns 10 km i 230 km de llargària, amb una profunditat mínima de 32 m i finalment, el golf d'Amundsen, d'una forma irregular, té 90 km d'ample a l'entrada i 300 km de llarg.

Aquesta ruta és bastant encertada per a bucs de gran calat.

2. M'Clure

Lancaster Sound – Barrow Strait – Viscount Melville Sound – M'Clure Strait

L'estret de McClure consta de 120 km d'amplitud a la sortida est, una llargària de 275 km fins al mar de Beaufort i una profunditat de més de 400 m, amb gel multi anual que prové de l'oceà Àrtic.

3. Peel Sound

Lancaster Sound – Barrow Strait – Peel Sound – Franklin Strait – Larsen Sound – Victoria Strait – Queen Maud Gulf – Dease Strait – Coronation Gulf – Dolphin and Union Strait – Amundsen Gulf.

El Peel Sound té 25 km d'ample i una profunditat de més de 400 m. L'estret de Franklin té 30 km d'amplitud i el Larsen Sound profunditats d'entre 30 i 200 m. L'estret de Victòria consta de 120 km d'ample i té les pitjors condicions de gel al llarg de la costa continental. El golf de Queen Maud té una entrada est de 14 km d'amplitud, però degut a la seva forma irregular arriba fins als 280 km d'amplitud, retornant als 14 a l'entrada de l'estret de Dease. Aquest golf conté moltes illetes, esculls i bancs. L'estret de Dease varia entre 14 i 60 km d'amplitud i té 160 km de longitud. El golf de la coronació té més de 160 km de llarg i conté moltes illetes mentre que l'estret de Dolphin and Union té 80 km d'ample a l'entrada del golf Amundsen, 150 km de llarg, i molt poc calat (s'han arribat a sondar fins a menys de 10 metres.

4. Peel Sound (variació)

Aquesta ruta és una variació de la número 3: *Lancaster Sound – Barrow Strait – Peel Sound – Franklin Strait – Larsen Sound – James Ross Strait – Rae Strait – Simpson Strait – Queen Maud Gulf – Dease Strait – Coronation Gulf – Dolphin and Union Strait – Amundsen Gulf.*

L'estret de James Ross té una amplitud de 50 km però es troba bastant restringit per illetes amb molts bancs marins. L'estret de Rae té 20 km d'ample amb profunditats limitades d'entre 5 i 18 metres i l'estret de Simpson té 3 km d'ample en el punt més estret i és la zona de la ruta més perillosa de navegar.

5. Prince Regent Inlet

La següent ruta torna a ser una variació de la número 3: *Lancaster Sound – Barrow Strait – Prince Regent Inlet – Bellot Strait – Franklin Strait – Larsen Sound – James Ross Strait – Rae Strait – Simpson Strait – Queen Maud Gulf – Dease Strait – Coronation Gulf – Dolphin and Union Strait – Amundsen Gulf*.

El Prince Regent Inlet consta de 80 km d'amplitud, sense illetes i molta profunditat mentre que el Bellot Strait és molt curt i estret i una profunditat limitada de 22 metres.

6. Fury and Hecla

Hudson Strait – Foxe Channel – Foxe Basin – Fury and Hecla Strait – Gulf of Boothia – Bellot Strait – Franklin Strait – Larsen Sound – James Ross Strait – Rae Strait – Simpson Strait – Queen Maud Gulf – Dease Strait – Coronation Gulf – Dolphin and Union Strait – Amundsen Gulf.

L'estret de Hudson té 100 km d'ample i 650 de longitud, és molt profund i serveix d'entrada a la Bahia de Hudson i el port de Churchill. El canal de Foxe té 130 km d'ample, molt profund amb alguns bancs que limiten la profunditat però poden ser evitats. El Foxe Basin és molt llarg, amb moltes illes i la sortida nord mentre que l'estret de Fury and Heda té 160 km de llarg, molt estret i amb una corrent molt forta. I per últim el golf de Boothia, que és molt llarg connectant Prince Regent Inlet amb el nord. No dóna problemes per a la navegació excepte per a la sortida que connecta amb Fury i Hecla on hi ha les illes Crown Prince Frederick.

Aquesta ruta no es considera navegable de moment per a vaixells que siguin de mitjà a gran calat.



Figura 16: Pas del Nord-oest amb variants; Font: www.wikipedia.com

3.2.3 Condicions naturals i navegació en el Pas del Nord-oest

Les condicions del gel al llarg del Pas del Nord-oest són molt complexes, ja que hi ha una gran variabilitat interanual d'aquestes condicions. Aquesta variabilitat en la extensió de gel no condueix a un pensament positiu sobre la fiabilitat d'un sistema de transport marítim.

Encara que el procés climàtic ens indica una disminució important del gel àrtic durant el segle XXI, la projecció designada no proporciona informació sobre el gruix del gel, el qual és un factor crític per a la navegació. La resolució horitzontal d'aquests models no és suficientment bona com per poder preveure la evolució del gel al llarg del pas basant-nos només en models climàtics.

Com ja hem vist, hi ha set possibles rutes, de les quals només tres són considerades pràctiques per al tràfic marítim. Les rutes són M'Clure, Prince of Wales, Peel Sound i les seves dos variants, i Fury and Hecla.

Encara que s'ha parlat molt sobre el canvi climàtic i un futur àrtic lliure de gel, aquestes condicions no es preveuen fins a l'any 2070, i tot i així, l'àrtic només es trobaria lliure de gel durant certs mesos de l'any, amb blocs de gel a la deriva i complicant així el tràfic marítim en aquesta zona fent que durant tot l'any sigui un risc navegar per la ruta.

Condicions naturals a través de l'estret de M'Clure

Com s'ha dit, la primera ruta va d'est a oest des de l'estret de David, passant Lancaster Sound, estret de Barrow, Vescomte Melville, estret de M'Clure, mar de Beaufort, mar Chukchi, estret de Bering i el mar de Bering. Aquesta és la ruta més curta i amb més profunditat, és a dir, sense restriccions de calat, però a l'hora la més difícil degut a la gran quantitat de gel que es troba a l'estret de M'Clure. Aquest gel és vell, dur i perillós i es troba present al llarg de tot l'estret.

El CASA (Canadian Arctic Shipping Assessment), projecta que l'any 2020, la freqüència d'estius lliure de gel augmentarà, però inclús aquests estius lliures de gel hi haurà risc de trobar blocs de gel multi anual a la deriva, per tant és probable que aquest estret es mantingui amb gel la majoria dels anys.

Durant el període d'anys del 1968 al 2006, s'ha vist una disminució gradual del gel, però no s'espera que el canvi sigui extrem fins arribat l'any 2050. Per tant, aquesta ruta es troba tancada a bucs que no siguin mínim de classe 3, i aquests, poden operar en aquestes aigües entre el 20 d'agost i el 30 de setembre, i depèn de l'any es pot allargar fins a 10 o 15 dies més. En anys de molt fred romandria tancat tot l'any.

Condicions naturals a través de l'estret de Prince of Wales

És la segona ruta, que fa d'est a oest, des de l'estret de David, passant Lancaster Sound, estret de Barrow, Vescomte Melville, estret Prince of Wales, golf Amundsen, mar de Beaufort, mar Chukchi, estret de Bering i mar de Bering.

Aquesta també es considera una ruta de gran calat i evita les males condicions de gel de l'estret de M'Clure, tot i així, hi ha un punt al mig de l'estret de Prince of Wales que té una profunditat de 32 metres, el qual és el factor limitant.

Aquest estret acostuma a estar obert al setembre, però manté el risc de trobar gel vell. Es creu que l'any 2020 aquesta ruta podria estar oberta entre 8 i 10 setmanes durant alguns estius. El servei de trencaglaç serà requerit degut a les condicions de gel.

La temporada de navegació augmentarà més l'any 2050, sempre amb un petit risc de trobar gel a la deriva. A més, podria augmentar la presència de gel vell degut a la disminució del gel que es troba a terra que permet el pas de gel vell provinent de l'oceà Àrtic a través dels canals entre les illes.

Condicions naturals a través de Peel Sound

És la tercera ruta i va d'est a oest des de l'estret de David, passant per Lancaster sound, estret de Barrow, Peel Sound, estret de Franklin, estret de Victoria, golf de la Coronació, golf Amundsen, mar de Beaufort, mar de Chukchi, estret de Bering i mar de Bering.

Aquesta és la ruta que es fa servir més fins al moment, ja que és la que es considera millor opció. El problema és que aquesta ruta té una restricció de calat de 10 metres, per tant, bucs de més de 10 metres de calat no podran navegar aquestes aigües.

Actualment aquesta ruta és navegable des de mitjans d'agost fins a mitjans de setembre i s'espera que el tràfic a través d'ella augmenti considerablement amb els anys tot i que el risc de gel a la deriva seguirà sent un risc i perill. Es manté la presència de gel a la deriva a Peel Sound durant la temporada de navegació i aquesta presència augmenta.

En conclusió, amb el pas dels anys hi ha hagut una disminució important del gel en aquesta zona però s'espera que tot i disminuir, el gel persistirà i el risc durant la navegació es mantindrà.

Condicions naturals a través de l'estret de Fury and Hecla

La quarta ruta, connectant el pont àrtic i el Pas del Nord-oest, passa a través de l'estret de Hudson, Foxe Basin, l'estret de Fury and Hecla, estret de Bellot, estret de Franklin, estret de Victòria, estret de Coronació, golf de Amundsen, mar de Beaufort, mar Chukchi, estret de Bering i mar de Bering.

Aquesta ruta també té una restricció de calat de 10 metres. Durant els últims anys ha tingut poca presència de gel però es mantindrà difícil arribat el 2020. Foxe Basin i el golf de Boothia poden tenir quantitats de gel significants durant el mes d'agost. També hi ha quantitats severes de gel a l'oest de l'estret de Fury and Hecla. L'estret de Bellot, generalment es trobarà lliure de gel a finals d'agost i mitjans de setembre, però té fortes corrents marines, el qual és un factor important per al moviment de gel a la deriva i pels vaixells que naveguen per la zona. En aquesta zona, sí que es preveu que l'any 2050, els períodes lliures de gel hauran augmentat. De totes maneres, aquesta ruta no serà de les principals, ja que la probabilitat de necessitat trencaglaç és major a les altres alternatives. Si que és cert que la tendència del gel a disminuir en aquesta ruta és més gran, però grans blocs de gel es mantindran en la zona, fent que la zona sigui molt complicada per a vaixells de classe B.

A l'estret de Franklin i el de Bellot també hi haurà freqüència de gel, així doncs es considera temporada de navegació a partir del 25 d'agost fins al 30 de setembre, podent augmentar fins a 30 dies en anys calorosos. Durant anys freds la ruta es considera no navegable per la majoria de

vaixells. Aquesta ruta no es considera navegable per a embarcacions comercials a causa de la restricció de calat.

Condicions naturals de la ruta fins al Port de Churchill

El port de Churchill no forma part del Pas del Nord-oest, però és un port important i de destí dels mercats internacionals. La ruta passa pel mar de Labrador, per l'estret de Hudson i a través de la Badia de Churchill o al sud de l'illa de Southampton direcció sud-oest cap a la costa oest i després al sud fins a Churchill.

Normalment la ruta a través de l'estret de Hudson obre cap a inicis de juliol, tot i poder endarrerir-se casi un mes més els anys més freds. Churchill i la costa oest de la Badia de Hudson estan oberts des de la primera setmana de juliol podent-se endarrerir un mes també els anys freds.

El canvi climàtic es preveu que allargui la temporada de navegació fins a 2 o 3 setmanes més, però no es creu que afecti les dates d'apertura durant el 2020. Serà l'any 2050, quan si que es preveu que la data d'apertura sigui més aviat.

3.2.4 Factors climatològics que afecten directament la navegació al Pas del Nord-oest

Hi ha molts factors climatològics que intervenen i caracteritzen l'àrtic marí, però els principals que afecten la navegació són el gel i la visibilitat.

Gel

Com s'ha comentat abans, les condicions de gel al Pas del Nord-oest són molt complexes degut a la variabilitat interanual de les condicions del gel amb una varietat d'un any a un altre extrema.

Aquesta variabilitat en gran part es deu també al gel que entra i surt dels canals. Aquest gel, que acostuma a ser més gros i per tant, no es desfà durant l'estiu. Si un buc xoqués amb un bloc de gel d'aquest tipus podria patir grans danys.

Visibilitat

La visibilitat, com a la NSR, és un factor determinant a la navegació. Destaquen els bancs de neu a l'estiu i les grans i nombroses tempestes.

3.2.5 Anàlisi comparatiu entre el NWP (Pas del Nord-oest) i la SSR (Ruta Marítima del Sud) o Canal de Suez

Sabent que el NWP (Pas del Nord-oest) consta de 7 possibles rutes a escollir i les distàncies totals variaran segons la que escollim, no considerarem cap ruta exacte, sinó que assumirem que la distància entre l'estret de Bering fins l'estret de Davis és de 3.000 milles nàutiques.

EXEMPLE 3 – Ruta des de Yokohama fins a Hamburg via NWP (buc de càrrega general)

Agafarem les mateixes dades de l'exemple 1 en quan al vaixell i a la ruta del sud. I degut a que es un suposat futur, no contarem amb el servei de trencaglaç.

Yokohama – Estret de Bering	2.700 NM
Estret de Bering – Estret de Davis	3.000 NM
Estret de Davis – Hamburg	2.300 NM
Total	8.000 NM

Taula 6: Distàncies via NWP

Distància NWP en NM	3.000	Total de dies	25
Distància fora del NWP en NM	5.000	Consum de fuel dins NWP en tones	161
Vel. dins NWP en NM	12	Consum de fuel fora NWP en tones	366
Vel. Fora NWP en NM	14	Consum total de fuel en tones	528
Consum de fuel a 12 nusos (tons/dia)	15,5	Estalvi de fuel en tones	296
Dies dins NWP	10	Costos d'assegurança	10.600
Dies fora NWP	15	Estalvi peatge Canal de suez	105.449,61

Taula 7: Dades del vaixell en la ruta NWP

Fent servir un altre cop el preu del fuel de \$457 per tona, els estalvis en fuel serien de \$135.272 i el nombre de dies de navegació es redueixen de 33 a 25. El total d'estalvis seria de \$240.721,61.

El NWP sembla una mica menys atractiu que la NSR en quant a estalvis, tot i que es atractiu, però em de tenir en compte que el NWP és una via que actualment és més difícil de navegar, i per tant l'ús de trencaglaç és pràcticament obligatori, el qual minimitzaria el benefici en gran quantitat.

EXEMPLE 4 – Ruta de Shanghai fins a Hamburg via NWP (buc porta-contenidors)

En aquest exemple agafarem les dades del vaixell de l'exemple 2 i les dades de la ruta via suec del mateix.

Shanghai – Estret de Bering	3.200 NM
Estret de Bering – Estret de Davis	3.000 NM
Estret de Davis – Hamburg	2.300 NM
Total	8.500 NM

Taula 8: Distàncies via NWP

Distància NWP en NM	3.000	Total de dies	19
Distància fora NWP en NM	5.500	Consum de fuel dins de NWP en tones	335
Vel. Dins NWP en nusos	14	Consum de fuel fora de NWP en tones	1.659
Vel. Fora del NWP en nusos	23	Consum total de fuel en tones	1.994
Consum de fuel a 14 nusos (tons/dia)	37,6	Estalvis de fuel en tones	1.281
Dies dins del NWP	9	Costos d'assegurança	20.709
Dies fora del NWP	10	Estalvis peatge Canal de Suez	271.861,57

Taula 9: Dades del vaixell a la ruta NWP

Amb un preu de fuel de \$457 per tona, els estalvis en combustible són de \$585.417 i el total d'estalvis és de \$857.278,57, el qual és una mica menys que la NSR, i el temps de navegació és només 1 dia menys que la ruta del sud.

3.3 La Ruta Marítima Transpolar

A diferència de la NSR o el NWP, la ruta Transpolar forma part de les aigües internacionals i està fora dels marges geogràfics de jurisdicció nacional. Per tant, Rússia i el Canadà no tenen poders ni poden establir aquestes aigües dins dels seus límits.

A més, el règim legal que governa la ruta Transpolar és la Llei Internacional de l'Oceà, que forma part del UNCLOS III i altres convencions com el SOLAS, STCW i el MARPOL. La IMO regula les aigües d'aquesta ruta igual que qualsevol altra zona de l'àrtic.

Ja que no hi ha cap jurisdicció nacional sobre aquestes aigües, és molt important que hi hagi regles vinculants a la "IMO-guideline". Així doncs, les normes internacionals només són vinculants a països i no empreses, i és important que banderes amb bucs operant en aquestes aigües estiguin complint amb les convencions.

La ruta Transpolar cobreix totes les aigües dels "alts mars" i és on la llibertat de navegació s'aplica. Aquesta definició té dues seccions a diferenciar: el "Central Arctic Basin" que ocupa 4,7 milions de km quadrats d'àrea, on cap estat té jurisdicció excepte la que exerceixen sobre els seus bucs que naveguen la zona i tripulants. La segona secció inclou totes les zones més enllà dels mars territorials a 12 milles nàutiques dels límits de 200 milles de la zona econòmica exclusiva. En aquesta zona, tots els drets i obligacions de la costa es barregen amb els dels altres estats. Aquí els països de la costa tenen més drets que els altres països en segons quines coses, com l'exploració i explotació, conservació i manipulació de recursos naturals.

Els estats de la costa també tenen el poder per aplicar lleis i regulacions per a la prevenció de la contaminació del medi ambient per part dels vaixells en aquelles àrees cobertes per gel en els límits de la ZEE, com diu l'article 234 de la UNCLOS III.

Contràriament al que la gent acostuma a pensar, la capa de gel de l'oceà Àrtic central no és estàtica i tampoc irrompible, està movent-se constantment i trencant-se en trossos. El gel en aquesta zona es troba durant tot l'any.

3.3.1 Condicions naturals de la Ruta Marítima Transpolar (TPP)

El gel que s'hi pot trobar varia en forma, gruix, edat i duresa, presentant diferents inconvenients per a la navegació. Els més freqüents són: el Nilas, el gel jove, gel multi anual, massissos de gel, gel a la deriva, pack de gel (gel a la deriva que s'ajunta), entre d'altres.

Tot i ser molt difícil de saber la proporció i distribució del gruix del gel, un estudi suec de l'època dels 70 va estimar que l'àrea de l'oceà Àrtic té un gel d'un gruix de més de 4 o 5 peus. Amb el pas dels anys, l'escalfament global ha incrementat el temps de navegació en la part central de l'Àrtic.

En els últims 30 anys, el gruix del gel de l'Àrtic central ha disminuït en un 42%, és a dir, 1,3 metres. Com a conseqüència, la fluctuació de gel multi anual des de l'Àrtic central fins a les àrees costaneres ha baixat en un 14% en 20 anys. Aquest fet beneficia les activitats econòmiques en la zona.

Estudis creuen que en els pròxims 30 anys, cap al 2050, el gruix del gel haurà disminuït entre un 15 i un 40% més. Si això fos cert, implica la desaparició de la capa de gel durant els mesos d'estiu permanentment.

Podem dir que no hi ha cap limitació de calat en la zona, ja que es consideren aigües profundes, a l'igual que tampoc hi ha estrets ni canals que obstrueixin la navegació, per tant, el factor limitant en aquesta zona és únicament el gel.

3.3.2 Trànsit a les altes aigües de l'oceà Àrtic

D'avui en dia, operacions en bucs a les altes aigües de l'Àrtic és molt complicat degut a la gran quantitat de problemes que s'hi troben. Un d'ells vindria a ser la falta d'equips de salvament de suport en aigües tan llunyanes, falta de comunicacions i falta d'informació sobre el gel que es produeix contínuament. Tots els estats costaners proporcionen informació meteorològica de la zona, però encara no hi ha cap país responsable de la informació meteorològica de l'oceà Àrtic central, tot i que sembla que hi ha una iniciativa en marxa. Els ports més propers amb calat suficient són Dutch Harbour al sud del mar de Bering i pertanyent a Estats Units, i per l'altra banda Provideniya, pertanyent a Rússia i es troba al nord-est de Chukotka.

Es creu que en algun moment arribarà a ser una ruta potencial, però no en un futur immediat. Tot i així s'espera que en 20 o 30 anys es pugui començar a treure profit d'aquesta ruta, ja que com que no hi ha recursos naturals a la vora d'aquesta, el seu potencial es basa en només una ruta marítima entre l'Atlàntic i el Pacífic.

3.3.3 Anàlisi comparatiu entre la Ruta Marítima Transpolar (TPP) i la Ruta Marítima del Sud (SSR) o Canal de Suez

Des del punt de vista de la navegació a través d'aquestes aigües, en aquest moment les condicions del gel no són gens bones per a que la navegació per aquesta ruta representi un benefici, és a dir, que s'esperen grans costos addicionals, especialment durant l'hivern, i durant l'estiu, gran quantitat de gel hauria de desfer-se perquè aquesta ruta arribi al seu màxim potencial.

Assumirem, aleshores, més quantitat de gel que en les altres rutes polars i això es reflectirà en una reducció de velocitat del buc en la zona àrtica. L'estalvi que tinguem es basarà també en la voluntat que tinguem per assumir el cost d'un buc trencaglaç, ja que en aquesta ruta hi ha més gel i més perill.

A més, ja que cap país exerceix sobirania sobre aquestes aigües, cap país vol assumir els costos de crear una infraestructura de suport a la navegació, però sí que podem assumir que algunes empreses privades proveeixin servei de trencaglaç en termes comercials.

EXEMPLE 5 – Ruta des de Yokohama fins a Hamburg a través de la Ruta Marítima Transpolar (TPP) (buc de càrrega general)

Agafarem les dades del buc de l'exemple 1 i 3, i les dades de la SSR.

Distàncies:

Yokohama – Estret de Bering	2.700 NM
Estret de Bering – Svalbard TPP	2.300 NM
Svalbard – Hamburg	1.600 NM
Total	6.600 NM

Taula 10: Distàncies de la TPP

Dades del vaixell:

Distància TPP en NM	2.300	Dies en total	22
Distància fora TPP en NM	4.300	Consum de fuel TPP en tones	86
Vel. TPP en nusos	10	Consum de fuel fora TPP en tones	315
Vel. Fora TPP en nusos	14	Consum de fuel total en tones	401
Consum de fuel a 10 nusos (ton/dia)	9	Estalvi de fuel en tones	423
Dies TPP	10	Costos d'assegurança en \$	10.600
Dies fora TPP	13	Estalvi peatge Canal de Suez	105.449,61

Taula 11: Dades del vaixell en la TPP

Amb un preu de \$457 per tona de fuel, els estalvis de combustible són de \$193.311, i el total de \$298.760,61. Si suposem que una companyia que dona servei de trencaglaç, cobra \$15 per DWT, serien gairebé \$20.000 per dia. Per tant, no és una quantitat suficient per a que un inversor privat estableixi una companyia de suport amb bucs trencaglaç.

EXEMPLE 6 – Ruta des de Shanghai a Hamburg a través de la Ruta Marítima Transpolar (TPP) (buc porta-contenidors)

Per aquest exemple agafarem les dades del buc de l'exemple 2 i 4 i les dades de la SSR.

Shanghai – Estret de Bering	3.200 NM
Estret de Bering – Svalbard	2.300 NM
Svalbard – Hamburg	1.600 NM
Total	7.100 NM

Taula 12: Distàncies via TPP

Dades del vaixell:

Distància TPP en NM	2.300	Total de dies	17
Distància fora TPP en NM	4.800	Consum de fuel TPP en tones	189
Vel. TPP en nusos	12	Consum de fuel fora TPP en tones	1.448
Vel. Fora TPP en nusos	23	Consum de fuel total en tones	1.637
Consum de fuel a 12 nusos (tons/dia)	23,6	Estalvi de consum de fuel en tones	1.638
Dies en TPP	8	Costos d'assegurança en \$	20.709
Dies fora TPP	9	Estalvi peatge Canal de Suez	271.861,57

Taula 13: Dades del vaixell a la TPP

Amb el mateix preu de fuel, l'estalvi en combustible és de \$748.566, i l'estalvi total és de \$1.020.427,57, o \$239,93 per TEU. Ara suposem una taxa de \$75/TEU pel servei de trencaglaç, donat que la zona on s'ha de donar aquest servei és remota i amb altes possibilitats de perill suposa \$318.975 en total, i en 8 dies de navegació dins la TPP, serien 39.871,875 dòlars/dia, casi 2 cops el que pagaria un vaixell de càrrega general. D'aquesta manera doncs, podríem assumir que si un inversor privat volgués invertir en una companyia de servei de trencaglaç, es crearien convois de bucs, amb un o més bucs trencaglaç de suport.

3.4 Conclusions de les comparacions de costos entre les Rutes Marítimes Polars (NSR, NWP, TPP) i la Ruta Marítima del Sud (SSR).

Aquests exercicis numèrics que s'han realitzat estan basats en un conjunt de dades que hem assumit. Algunes d'aquestes dades són rebatibles, com les distàncies, ja que degut a efectes meteorològics la ruta que escollim podria canviar completament i per tant, tot l'exercici realitzat canviaria de resultats.

També hem assumit els costos sense necessitat d'assistència de buc trencaglaç, el qual no vol dir que les rutes estiguin sempre lliures de gel i algun cop podria ser necessària aquesta assistència. A més, el fet d'evitar grans superfícies de gel o blocs a la deriva ralentitzarà el temps de navegació i a la vegada la velocitat. De la mateixa manera, la distància a recórrer serà major i totes les avantatges que teníem acabarien convertint-se en desavantatges, com és el cas anterior de la Ruta Transpolar.

De la mateixa manera que hem assumit distàncies, també hem dit que un vaixell de càrrega general va a 12 nusos, i un porta-contenidors a 14, el qual resulta estrany. La realitat és que en qualsevol part de la ruta que es troba totalment lliure de gel un porta-contenidors podrà augmentar la seva velocitat més que un buc de càrrega general i d'aquesta manera la velocitat mitjana serà major.

El càlcul de consum de combustible està basat en la fórmula de l'Admiralty, la qual no dóna un càlcul exacte sinó que és aproximat, i pot no reflectir els estalvis reals per als vaixells utilitzats en els exemples.

Tampoc es pot assegurar que els costos d'assegurança no seran molt majors als quals s'han utilitzat, però sí que podem assegurar que encara que siguin majors, no seria de gran rellevància pel que fa al preu total. Els costos més importants i de rellevància són el combustible i el peatge del Canal de Suez.

En el cas de la ruta de Yokohama-Hamburg, el temps que s'estalvia és de gran importància, ja que una reducció tan gran en temps de navegació fa que l'armador del buc pugui disposar del vaixell abans per a un altre contracte de transport. Aquest valor podríem saber-lo si es fes un exemple d'un any sencer de servei d'un buc tot i que el valor del mercat sempre és canviant.

Una reducció en combustible implica una reducció d'emissions de gasos d'efecte hivernacle i altres substàncies contaminants. Utilitzar les rutes polars contribueix en el medi ambient. Per tant, en un futur on preocupen les emissions d'aquests gasos, això és un avantatge per a les rutes polars.

La següent taula indica el percentatge de combustible que s'ha estalviat en base a la quantitat de diners gastats en combustible, si el que es consumeix realitzant la ruta del sud ho comptem com a 100%, realitzant les rutes Yokohama-Hamburg i Shanghai-Hamburg, i com a conseqüència, les emissions de CO₂.

	NEP	NWP	TPP
Buc de càrrega general Yokohama - Hamburg	43%	37%	52%
Porta-contenidors Shanghai – Hamburg	38%	39%	50%

Taula 14: Combustible estalviat en cada ruta

Ara mostraré una taula que representa el temps estalviat en total per a cada una de les rutes polars, tenint en compte també els costos estalviats de fuel i el total estalviat.

Càrrega general Yokohama – Hamburg

	NEP	NWP	TPP
Dies estalviats	11	9	12
Estalvis de consum de fuel a \$457 per ton.	164.063	135.272	193.311
Estalvis totals	269.512,61	240.721,61	298.760,61

Taula 15: Temps estalviat en cada ruta amb el buc de càrrega general

Porta-contenidors Shanghai – Hamburg

	NEP	NWP	TPP
Dies estalviats	3	1	3
Estalvis de consum de fuel a \$465 per ton.	595.928	585.417	748.566
Estalvis totals	867.798,57	857.278,57	1.020.427,57

Taula 16: Temps estalviat en cada ruta amb el buc porta-contenidors

Sorprenentment, la Ruta Transpolar surt com la més viable. Això és perquè creuar directament el Pol és la ruta més curta de totes si el gel no fos un obstacle. A la vegada aquesta ruta és la que menys possibilitats té de convertir-se en una ruta accessible sense assistència de trencaglaç.

La NSR sembla ser millor que la NWP, però hi ha la gran pregunta del trencaglaç. La quota mitjana per a l'ús de trencaglaç l'any 2003 era de \$23, preu que fa desaparèixer la possibilitat de que un armador es plantegi utilitzar aquestes rutes. Perquè l'ús d'aquestes rutes fos rentable amb la utilització d'un trencaglaç, la quota mitjana hauria d'estar per sota de

\$15/tona. La situació actualment no és gaire transparent per saber les quotes exactes, però es creu que els preus poden ser negociables.

Com s'ha comentat, els preus totals depenen en gran part del preu del combustible en el moment. Sabent que el combustible tendeix a pujar de preu en els últims anys, assumim també que les rutes polars seran molt més atractives en el futur.

3.5 Tipus de trànsit i tipus de bucs a les Rutes Marítimes Polars

Les activitats marítimes a l'Àrtic estan diversificades depenent de la demanda de productes que s'han de transportar. L'Àrtic és un entorn canviable en el qual s'ha de tenir en compte els diferents tipus de tràfic comercial per saber si es veuran afectats en un règim de gel canviant. Els tipus de trànsits que podem trobar són:

- **Extracció de recursos naturals:** L'Àrtic és de gran importància mediambiental i a mesura que el gel es va desfent, augmenta l'interès per explotar el medi amb l'extracció de petroli, per tant l'indústria petrolera és una de les més interessades. En els últims 3 anys l'empresa Sovkomflot russa ha afegit 2 vaixells per al transport de petroli a la zona.
- **Transport en trànsit:** Degut al desgel polar, el trànsit està augmentant en la zona de l'Àrtic. Segons un estudi realitzat per Eguíluz, durant l'any 2014 es van detectar 11.066 vaixells transitant les aigües de l'Àrtic, dels quals 1892 eren de càrrega, 524 vaixells cisterna i 308 de passatgers, el qual suposa un 9,3% del tràfic marítim mundial.
- **Enviaments de destí:** Una part molt important de l'apertura de les Rutes Marítimes Polars és la facilitació del transport de mercaderies entre les distintes regions de l'Àrtic.

Els tipus de bucs que podem trobar en aquestes aigües són:

- **Bucs de transport a granel de petroli, gas i minerals:** El transport a granel de matèries primeres com el petroli, el gas i diversos tipus de minerals és una part significativa del tràfic total de bucs que naveguen les aigües de l'Àrtic. Existeixen mines molt grans que poden produir productes bàsics com el níquel, el zinc i altres minerals, així com camps de petroli i gas a les costes de Noruega, a l'Àrtic rus i als Estats Units.

La major part d'aquest tràfic té lloc durant els mesos que l'Àrtic es troba lliure de gel o en les parts sense gel. Hi ha excepcions com el transport de níquel, que es realitza tot l'any perquè és un producte que perd qualitat amb el temps que passa sense processar-se.

- **Bucs de re abastiment:** Els bucs de re abastiment ajuden a moltes comunitats que tenen un accés limitat a carreteres i no tenen capacitat per a la manipulació d'avions pesats de

re abastiment. Són comunitats que passen la major part de l'any envoltades de gel durant l'hivern i basen la seva subsistència en el transport marítim que subministra alimentació o productes de primera necessitat. Aquests bucs poden ser bucs cisterna, de càrrega general, porta-contenidors, així com bucs de ciment o miners.

- **Bucs de pesca:** Els bucs de pesca formen gran part de la quantitat de vaixells que naveguen les aigües. En aquesta zona hi ha un dels majors caladors del món. Les principals zones on podem trobar bucs de pesca són el mar de Bering i el mar de Barents, així com la costa occidental de Groenlàndia i els voltants d'Islàndia i les illes Feroe. Aquestes activitats es realitzen en zones totalment lliures de gel o zones amb molta poca quantitat, per això aquesta és una activitat que queda bastant limitada a l'oceà Àrtic i l'arxipèlag canadenc.
Cal dir, però, que aquests bucs no utilitzen les zones de l'Àrtic com a ruta sinó únicament com a zones de pesca.
- **Creuers i bucs de passatge:** el desgel de l'Àrtic, provocat l'escalfament global està obrint noves rutes per als creuers. Un exemple seria el viatge que es va realitzar el dia 16 d'agost de 2016 per la companyia Crystal Cruises, des d'Anchorage (Alaska) fins a la ciutat de Nova York travessant el Pas del Nord-oest.
D'avui en dia els operadors de creuers ofereixen viatges en els 3 passatges, utilitzant bucs bastant petits, d'entre 50 i 400 persones, tot i que formen part d'una petita quantitat dels vaixells que operen aquestes aigües. Aquests vaixells actuen com unitats autònomes que no depenen de les infraestructures terrestres. Això vol dir que mentre no passi res, tot va bé, però si hagués algun accident, seria un problema greu.
Els bucs de passatge forma part del grup que inclou ferris, petits i grans creuers i qualsevol altre buc on es transportin persones. El tipus d'activitat que realitzen depèn de la seva ubicació. A Groenlàndia, Noruega o Islàndia consisteix en ferris com a servei de transport de passatge entre diferents comunitats costaneres. A Alaska i Àrtic canadenc, consisteix més en el turisme marítim i acostuma a tenir lloc en època d'estiu en aigües lliures de gel. Els únics bucs de passatge que viatgen a través del gel són els trencaglaç russos que porten turistes al Pol Nord. Aquests creuers i bucs de passatge podem dir que és un sector en creixement en les zones de l'Àrtic.
- **Bucs Trencaglaç:** L'ús de trencaglaç dependrà de la ruta que haguem d'utilitzar i també dependrà de l'estat d'aquesta.

Capítol 4. Problemes i necessitats de les Rutes Marítimes Polars

4.1 Riscs de la navegació en aigües polars

Com ja sabem, les operacions marítimes en aquestes aigües presenten més reptes que les operacions que es realitzen en altres aigües degut a les condicions especials de l'Àrtic on el principal problema acostumarà a ser sempre el gel.

Com s'ha dit en apartats anteriors, les condicions de gel són molt variables entre les diferents zones d'una mateixa ruta o la variació del mateix amb els anys, per tant, és imprevisible.

A aquestes condicions del gel s'hi podrien sumar els factors climatològics adversos com poden ser fortes tempestes, boires, fronts polars, entre d'altres.

A part dels dos problemes principals com la meteorologia i el gel, existeixen altres factors que es consideren problemes en quant a la navegació per aquestes aigües.

4.1.1 Problemes administratius i polítics: A l'empara de l'article 234 de la Convenció de les Nacions Unides sobre el Dret del Mar (UNCLOS), la Federació Russa exerceix control sobre la navegació per la NSR, amb complexos processos administratius i l'obligació de la utilització de trencaglaç rus.

En el cas del Canadà, els canadencs consideren que gairebé la totalitat del NWP forma part de les seves aigües interiors, el qual ha portat al Canadà i als Estats Units a un desacord, ja que els E.U reclamen els drets de pas innocent dient que el NWP forma part del mar territorial, d'acord amb els articles 17 a 26 de la UNCLOS. Aquesta discussió prové de la visió que té cada país del NWP. Per exemple, el Canadà veu una zona sobirana susceptible al desenvolupament, mentre que els Estats Units veu una alternativa al Canal de Panamà.

4.1.2 Problemes Cartogràfics: Com a conseqüència de ser mars tan poc navegats, la cartografia de la zona és molt deficient i actualitzar-la als estàndards que es compleixen avui en dia pot trigar dècades.

Es creu que els Estats Units i Rússia, que van participar en la guerra freda utilitzant aquestes aigües per als submarins amb míssils balístics, posseeixen informació molt superior a la que hi ha pública, però es manté classificada tota ella menys les dades de sonar per al gruix de la capa de gel, que es van divulgar per a fins científics.

4.1.3 Ajudes a la navegació: Les ajudes a la navegació són pràcticament inexistents en aquestes zones degut al poc coneixement i falta de navegació en aquestes aigües. Ajudes com boies, marques, fars, balises només s'hi troben en rius siberians navegables, mentre que en les aigües obertes de la ruta no en trobem.

La IALA (International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities) està estudiant afegir AtoN (Ajudes a la Navegació) virtuals que apareixerien en les pantalles de radar dels bucs, de manera que no existirien físicament però si virtualment, donant la possibilitat de corregir-les si noves dades o condicions ho fessin necessari.

4.1.4 Navegació per satèl·lit: La màxima inclinació orbital dels satèl·lits del GPS (Global Positioning System) és de 55 graus, això vol dir que per a latituds de 70 o 75 graus no hi ha suficients satèl·lits sobre l'horitzó per a donar una altitud de vol fiable a una aeronau. Aquesta posició horitzontal seria suficient per a la navegació per la perifèria de l'Àrtic, però seria insuficient per a realitzar treballs cartogràfics o qualsevol activitat que requereixi precisió, com per exemple, l'extracció de petroli. El GLONASS, que és un sistema rus de GPS que va degradar-se notablement durant els anys 90, s'ha restaurat i avui en dia ofereix millor cobertura en altes latituds arribant a inclinacions orbitals de fins a 64,8 graus, proporcionant una navegació més fiable però tot i així insuficient. Sistemes com el DGPS (GPS diferencial) que depenen d'estacions fixes per a millorar la seva precisió en un radi de 250 milles, per tant és impracticable en gairebé tot l'Àrtic. Els sistemes com el WAAS i el EGNOS, que funcionen pràcticament igual, requereixen l'ús de satèl·lits geostacionaris per a la radiodifusió de les seves correccions, i aquestes òrbites geostacionàries es troben per sota de l'horitzó a l'Àrtic.

4.1.5 Comunicacions: Si normalment la majoria de comunicacions viatgen a través de cables òptics submarins, com per exemple l'internet, i de satèl·lits geostacionaris, cap d'aquests sistemes dona servei a l'Àrtic. Els cables submarins no donen servei per falta d'infraestructures, i els satèl·lits per raons geomètriques insuperables.

Per a resoldre aquest problema, la Federació Russa fa servir satèl·lits de comunicacions en òrbites *Molniya*, i els EEUU i el Canadà tenen sistemes comercials en òrbites *Tundra*. Aquestes òrbites són molt el·líptiques amb una inclinació de 63,4 graus i períodes respectius de 12 i 24 hores. Cada òrbita de *Molniya* acostuma a tenir 3 satèl·lits a 120 graus, per tant sempre hi ha un o dos per sobre de l'horitzó per molt elevada que sigui la latitud. Les òrbites *Tundra* mantenen el satèl·lit pràcticament en el mateix meridià.

Una altra possibilitat podria ser una nombrosa constel·lació de satèl·lits en òrbites de gran inclinació, com el sistema telefònic *Iridium*. Aquest sistema està optimitzat per a telefonia i conté solucions de compromís, inevitables per contenir el preu en un sistema que fa servir tants satèl·lits, que limiten l'amplada de banda disponible per a dades.

Per aquesta raó, podem afirmar que les necessitats modernes requereixen considerables amplades de banda impossible d'aconseguir en baixes freqüències amb reflexió troposfèrica o ionosfèrica.

4.1.6 Equips de cerca i rescat (SAR): El Conveni Marítim Internacional de Cerca i Rescat (1979), ofereix un sistema de rescat de persones al mar amb la cooperació dels estats, incloent: Centres de Coordinació de Rescats (RCC), sistemes de "reporting" dels bucs, i entrada avançada d'unitats de rescat en aigües territorials dels estats de l'Àrtic. Aquests estats que participen en el conveni han de coordinar accidents SAR en les seves àrees respectives, i fer-se càrrec que els serveis estan disponibles durant la temporada de navegació i cooperar entre ells.

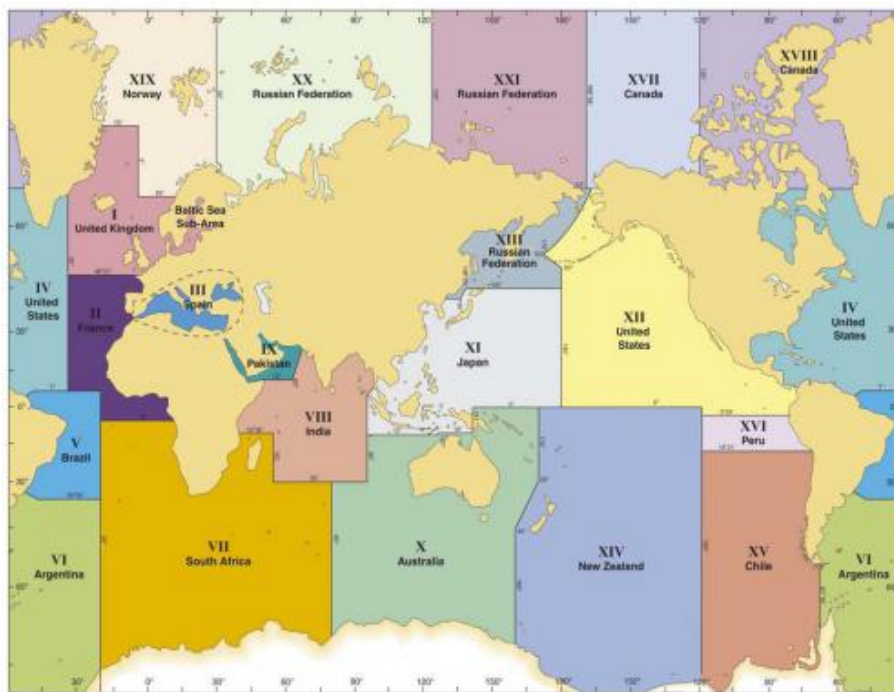


Figura 17: Navareas de l'Àrtic; Font: www.arctis-search.com

Per a facilitar les comunicacions pel que fa a la seguretat marítima, la OMI va adoptar el Global Maritime Distress and Safety System (GMDSS). Aquest sistema és obligatori per a tots els vaixells de 300 GT o més i per a tots els vaixells de passatgers.

Com veiem a la figura 18, les NAVAREAs són àrees de navegació seleccionades per als avisos de navegació i així, proveir serveis de tràfic, parts meteorològics i informació relacionada amb la seguretat marítima.

Fa uns anys, en un comitè de comunicacions i busca i rescat de la OMI, es va aprovar la creació de les NAVAREAs de l'Àrtic, fins als 90 graus de latitud, tot i que més enllà no hi ha cap acord, i en una futura Ruta Transpolar, seria necessari.

Alguns estats costers de l'Àrtic són responsables de la coordinació d'una o més NAVAREAs de l'Àrtic, i han de subministrar la informació necessària en les aigües navegables dintre d'aquelles àrees. Canadà, Noruega i Rússia van ser identificades, junt amb els Estats Units i Dinamarca, acordant ser els països que proveeixin serveis.

Aleshores com veiem a la figura 18, Canadà és responsable de proveir amb informació meteorològica, servei de tràfic i avisos a la navegació, junt amb la coordinació de les àrees XVII i XVIII; Noruega per les àrees XIX; Estats Units per VI i XII i Rússia per les XX i XXI.

Aleshores, segons NAVAREA (IV,XVIII), el Canadà i els EEUU són proveïdors de SAR i meteorologia a la costa oest de Groenlàndia. La Badia de Hudson de Canadà forma part de la NAVAREA IV, per tant EEUU actua com a coordinador de SAR en aquesta zona.

En quant a les rutes polars, aquesta àrea també dona suport meteorològic i SAR al Pont Àrtic. De totes maneres, els EEUU no ha estat donant aquest servei, sinó que ho ha estat fent el Canadà, per tant, haurien d'acordar les responsabilitats de cada un per donar un millor servei.

Com a conclusió d'aquests problemes que afecten la navegació a l'oceà Àrtic, podem veure que la necessitat de millora d'infraestructures, de millora de comunicacions, així com també una cartografia avançada i adaptada als estàndards, és immediata si es vol seguir explorant la possibilitat d'adaptar aquestes rutes com rutes permanents.

4.2 Prevenció de la contaminació a les Rutes Marítimes Polars

Podem obviar que l'Àrtic és un entorn fràgil que ha de ser protegit, raó per la qual és important la prevenció de la contaminació i ha de ser una prioritat si augmenta el tràfic marítim en aquesta zona.

Els annexos I, II, IV i V del Conveni Internacional per a la Prevenció de la Contaminació per vaixells del MARPOL, que confereixen caràcter obligatori a la utilització de les disposicions relatives al medi ambient del Codi Polar.

La normativa en matèria de seguretat i prevenció de la contaminació és molt variada, anant des de normativa internacional fins a normativa d'organismes privats com societats de classificació. Nosaltres ens centrarem en el Codi Polar, establert per la OMI.

La part II-A del Codi explica les mesures obligatòries per a la prevenció de la contaminació i a la part II-B s'expliquen les mesures de recomanació per aquesta prevenció.

4.2.1 Prevenció de la contaminació per hidrocarburs

L'annex I del MARPOL és obligatori introduir-lo a la part II-A del Codi Polar, on en el capítol 1 ens parla de les mesures de caràcter obligatori que hem de realitzar sobre la contaminació per hidrocarburs.

El Codi Polar protegeix el medi ambient de la contaminació per hidrocarburs de la següent manera, dividint el capítol 1 de la part II-A en dos apartats que són els requeriments operacionals i els requeriments estructurals.

- **Requeriments operacionals:** La descàrrega al mar d'hidrocarburs o barreges olioses des de qualsevol vaixell està prohibit. Això no s'aplica a la descàrrega d'aigua de llast o de segregació. Els vaixells de classe A construïts abans de l'1 de gener de 2017 que no puguin complir aquesta mesura i estigui operant contínuament en aigües àrtiques més de 30 dies, haurà de complir amb aquesta mesura fins al primer reconeixement intermedi o de renovació (un any després de l'1 de gener). Fins aquelles dates haurà de complir els requisits de descàrrega de la regla 15.3 de l'annex I del MARPOL.

- **Requeriments estructurals:** Els bucs de categoria A i B construïts a partir de l'1 de gener de 2017 amb una capacitat de combustible inferior a 600 m³, tots els tancs han d'estar separats de la coberta exterior a una distància de 0,76 metres.

Els bucs de categoria A i B que no siguin petrolers, i construïts després de l'1 de gener de 2017, els tancs construïts per portar petroli han d'estar separats de la coberta exterior 0,76 metres.

També s'exigeix doble casc i doble fons a tots els bucs petrolers de categoria A i B de menys de 5.000 tones de pes mort construïts a partir de l'1 de gener de 2017.

Tot i que el fueloil pesat només està prohibit a l'Antàrtica, es recomana la no utilització del mateix en aigües de l'Àrtic. Pel que fa als lubricants, han de ser basats en aigua o biodegradables no tòxics, els que estiguin situats a l'exterior del casc submergit en contacte directe amb l'aigua de mar.

4.2.2 Control de la contaminació per substàncies líquides nocives a granel

El capítol 2 de la part II-A del Codi Polar ens parla del control de la contaminació per substàncies líquides nocives a granel, i es divideix en una sola part, que és la de requeriments operacionals.

Els requeriments operacionals són els següents:

- La descàrrega al mar de substàncies nocives líquides o de barreges que en continguin està totalment prohibida en aigües polars.
- Les operacions en aigües polars amb aquestes substàncies es duren a terme segons diu el Llibre de Registre de Càrregues, en el Manual i Pla d'emergència a bord per aquest tipus de càrregues, segons explica l'annex II del MARPOL.
- Els vaixells de categoria A i B construïts a partir de l'1 de gener de 2017 identificats com bucs de tipus 3, hauran de ser aprovats per l'Administració. Els resultats es reflectiran en el Certificat Internacional de Prevenció de la Contaminació per al Transport de substàncies nocives líquides a granel o en el Certificat d'Aptitud identificant les operacions en aigües polars.

4.2.3 Prevenció de la contaminació per aigües residuals del buc

El capítol 4 de l'apartat II-A del Codi Polar ens parla d'aquest tema. El capítol es divideix en dos apartats, un de definicions i l'altre de requeriments operacionals. L'apartat de definicions es troben les definicions dels termes Gel Ràpid, Construït i Plataforma de gel. D'aquesta manera entenem millor els requeriments operacionals.

Les descàrregues d'aigües brutes en aigües polars estan prohibides excepte si es realitzen tal com diu l'annex IV del Conveni MARPOL i les següents prescripcions:

- El vaixell descarrega aigua bruta desinfectada d'acord al qual estableix l'annex IV MARPOL a una distància superior a 3 milles de qualsevol barrera de gel o gel fixe, i estarà el més lluny possible de la zona on la concentració de gel sigui superior a 1/10.
- El vaixell descarregarà les aigües brutes que no estiguin desinfectades d'acord a l'annex IV del MARPOL, a una distància superior a 12 milles de qualsevol barrera de gel o gel fixe, i estarà el més lluny possible de qualsevol concentració de gel que sigui superior a 1/10.
- El vaixell utilitza una instal·lació de tractament d'aigua bruta aprovada i certificada per l'Administració, i descarrega les aigües brutes en conformitat a l'annex IV del MARPOL, el més lluny possible de la superfície terrestre, qualsevol barrera de gel, gel fixe o zones de concentració de gel superior a 1/10.
- Es prohibeix la descàrrega d'aigües brutes al mar des dels bucs de categoria A i B construïts l'1 de gener o posteriorment i tots els bucs de passatge construïts l'1 de gener de 2017 i posteriors, excepte si compleixen el punt 3 d'aquest capítol.

4.2.4 Resposta dels països de les Rutes Marítimes Polars davant el vessament de petroli al mar

Ruta Marítima del Nord

El sistema Rus contra el vessament de petroli al mar consisteix en dos sistemes: estat i privat. El sistema federal de resposta va ser establert durant els 80 i es va organitzar en zones operatives i àrees de responsabilitat dividides entre Murmansk i Sakhalin. Aquestes àrees inclouen els canals de la part de Rússia del mar de Barents, a través de la NSR fins a l'estret de La Pérouse. A més, Rússia té acords amb Noruega pel mar de Barents i amb EEUU pel mar de Bering. Tot i així, els equips de resposta contra els vessaments de petroli no han millorat gaire des de l'any 1980, malgrat l'increment de tràfic i activitats de petroli i gas en aquestes zones. Els sistemes privats inclouen respostes davant els vessaments de petroli que són duts a terme per les companyies i operadores de les terminals de petroli al llarg de la ruta. De totes maneres, els sistemes de resposta no són suficientment bons davant aquestes situacions.

Pas del Nord-oest

Al llarg del pas, no hi ha cap resposta davant vessament operativa per el moment. Això es reflecteix en la falta d'infraestructures de la zona. A més, això fa que la ruta sigui extremadament vulnerable si qualsevol accident provoqués un vessament de petroli i el govern del Canadà n'és conscient. El Canadà i els EEUU han acordat crear un pla de contingència per aquests casos al mar de Beaufort, que comptaria amb procediments i contactes en cas de

vessament. Aquest acord és revisat cada cert temps, però si algun accident tingués lloc, hi hauria una clara falta de resposta eficient i a temps.

5.4.3 Ports d'aprovisionament en les Rutes Marítimes Polars

En les zones més temprades de les rutes, és a dir, les zones més properes a l'Atlàntic i al Pacífic, els ports de gran profunditat i els serveis que proveeixen són propers a l'actualitat del sistema mundial de ports, però la situació a l'Àrtic és diferent. Ports de gran profunditat, ports de refugi, cerca i rescat i ports que tinguin instal·lacions adequades per a la recepció d'aigües residuals dels bucs o simplement remolcadors per als bucs, són difícils de trobar disponibles. La disponibilitat d'aquest tipus d'infraestructures i suport va directament relacionada amb el nivell de risc associat a navegar una ruta en particular i també als costos d'assegurances.

Hi ha alguns ports d'aigües profundes als Estats Units o Rússia, a prop de l'estret de Bering. El port americà més proper amb aigües profundes és el Dutch Harbor, al sud del mar de Bering. Pel que fa a Rússia, el port més proper d'aigües profundes és Provideniya. Hi ha altres ports russos com Egvekinot, Anadyr i Beringovsky, però estan tancats per a bucs estrangers.

Aquesta situació difereix de la regió entremig dels mars Atlàntic i Àrtic, on hi ha molts ports d'aigües profundes que pertanyen a Noruega, Islàndia i Rússia. També hi ha molts ports d'aigües profundes a la costa oest de Groenlàndia. Mentre que a l'Àrtic, no hi ha ports de gran profunditat a la costa nord d'Alaska i al llarg de l'arxipèlag canadenc, excepte el port de Tuktoyaktuk, que tot i tenir profunditat, té un canal d'entrada de poca profunditat, limitant així els bucs que poden entrar-hi. També cal anomenar la Badia de la Resolució (Resolute Bay), situada al centre de l'arxipèlag, que actua com a centre de transport, comunicacions i administració de l'alt Àrtic, però que només pot acceptar vaixells de 5 metres de calat. Vaixells de calat superior a 5 metres hauran de fondejar a les aigües obertes de l'arxipèlag.

A la Badia de Hudson hi ha el Port Churchill, que ja hem parlat anteriorment, que és l'únic port canadenc d'aigües profundes al nord, i que compta amb refugi, capacitat d'atracament i proveeix d'accés via rails a l'interior del Canadà i Amèrica del Nord en general. Aquest port té 4 molls per a la càrrega i descàrrega de gra, càrrega general i vaixells cisterna. A més, el port pot carregar eficientment vaixells del tipus Panamax. El "link" entre Churchill i Murmansk és el que avui en dia es coneix com a Pont Àrtic (Arctic Bridge), perquè requereix sistemes de rails i mar per completar el transport de béns als destins nord-americans. L'ús del port de Churchill elimina temps de navegació, mà d'obra i els preus elevats del transport a través dels Great Lakes i St Lawrence Seaway. La temporada de navegació comença a mitjans de juliol fins a principis de novembre. La utilització de trencaglaç pot allargar la temporada significativament.

Un altre port important de la costa est del Canadà es Iqaluit, però requereix que el vaixell fondegi i fan servir vaixells més petits per anar transportant la càrrega fins al port. A més, aquest port pateix una de les marees més altes del món.

El govern Canadenc ha proposat una millora en els raïls que lliguen amb Churchill, així com el desenvolupament d'un port d'aigua profunda a l'antiga ciutat minera de Nanisivik, a l'illa de Baffin, per fer-lo servir per al Departament Nacional de Defensa. No se saben les capacitats que tindrà aquest port, ja que no està situat en una zona d'alt nombre de població, ni d'alt nombre de bucs navegant.

Per l'altra banda, a la costa nord de la Federació Russa hi trobem diversos ports d'aigües profundes que s'han desenvolupat amb el suport de les Autoritats de la Ruta Marítima del Nord i la flota de trencaglaç durant varies dècades. El port de Murmansk és molt conegut per ser el port més gran d'aigües profundes al nord del Cercle Àrtic, i que està lliure de gel durant tot l'any.

El port de Murmansk ofereix accés intermodal al nord d'Europa i Àsia. En els últims anys, els ports russos de l'Àrtic que es troben al mar de Barents, incloent-hi Murmansk, s'han expandit significativament degut a l'augment de plataformes de producció de petroli i minerals. Des de l'any 2004, més de 4,4 bilions d'euros s'han invertit a millorar les profunditats del Port de Murmansk per incloure terminals de contenidors, de petroli i de carbó i millorar les vies de tren per al transport. Es preveu que les capacitats del port incrementaran fins a un anual de 52 milions de tones l'any 2020.

Altres ports russos importants són els ports de Pevek, Tiksi, Igarka, Dudinka, Dikson, Vitino, Arkhangelsk i Novi. Aquests ports tenen bones infraestructures i capacitat però requereixen d'una navegació prèvia per rius de gran distància.

Els ports de Murmansk, Kirkenes i East Icelandic, són els ports més importants de l'Àrtic, i més si tenim en compte que són els principals ports que donarien servei si la NSR continua desenvolupant-se.

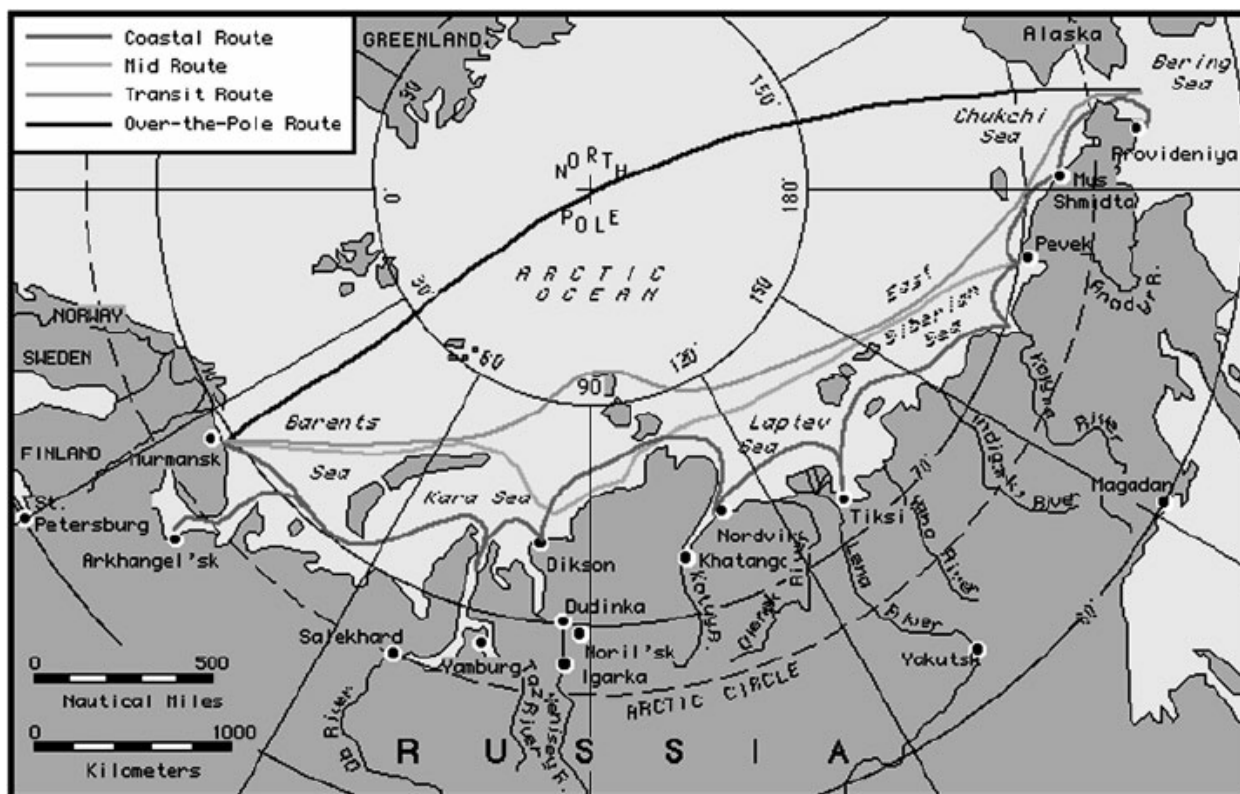


Figura 18: Principals ports de la NSR; Font: www.google.com

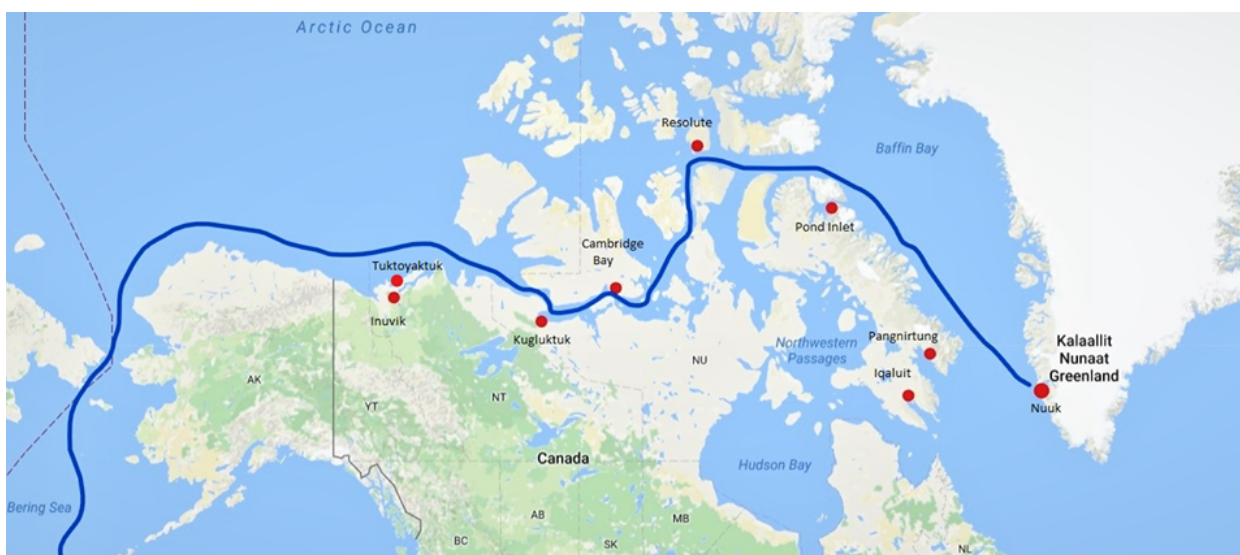


Figura 19: Principals ports del NWP; Font: www.google.com

Capítol 5. Conclusions i bibliografia

5.1 CONCLUSIONS

- El canvi climàtic, en concret el desgel degut a aquest canvi, ha obert noves rutes marítimes a través del Pol Nord. L'1 de gener del 2017 va entrar en vigor el Codi Polar, que estableix la normativa internacional aplicable en matèries de seguretat i prevenció de la contaminació per a tots els bucs que naveguin aquestes aigües.
- Aquestes noves rutes marítimes suposen una sèrie d'avantatges per al transport marítim internacional, com l'estalvi de temps en comparació amb les altres rutes comercials. Aquesta avantatge es tradueix en majors beneficis degut la eficiència del transport, és a dir, més quantitat de viatges ja que el temps per viatge és més curt. A més, cal destacar l'explotació d'hidrocarburs a les aigües de l'Àrtic, cosa que abans era impossible degut a les grans quantitats de gel.
- Navegar per aquestes rutes no només suposa avantatges, sinó que també té les seves limitacions i riscos que s'han d'assumir si es vol realitzar alguna de les rutes polars. Una de les principals limitacions és el calat degut a la poca profunditat que hi ha a les aigües de l'Àrtic, però també existeix el problema de que aquestes rutes no es preveu que siguin navegables durant tot l'any fins l'any 2050, i actualment són navegables durant períodes de 3 mesos a l'any. Un dels riscos principals que correm si naveguem aquestes aigües és la falta d'infraestructures i dispositius de salvament, degut a les grans distàncies a abastir i falta d'inversions, així com també problemes de comunicacions degut a les altes latituds. Tot i així, el primer i principal risc d'aquestes rutes són les condicions meteorològiques. Les condicions del gel són molt variables en diferents punts d'una mateixa ruta i els factors meteorològics són molt adversos i poden afectar la navegació. La falta de cartografia i elements d'ajuda a la navegació com el GPS, fan que la navegació encara sigui més complicada.
- Tot i que la normativa està fixada, encara hi han molts espais en blanc que no queden clars i els països que són responsables de les feines de cerca i rescat no es reparteixen bé la feina, fent que en cas d'accident no se sàpiga qui ha de fer cada feina segons la zona en la que s'hagi produït.
- Aquestes rutes polars són clarament molt competitives en quant a reducció de distància i augment de beneficis, però per el moment no estan preparades per a la navegació ràpida i segura. La falta clara d'infraestructures no garanteix seguretat i si no hi ha una

gran inversió per part dels països i empreses interessats/es, aquestes rutes no seran suficientment competitives com per ser alternatives positives a les rutes comercials del sud. Fa falta garantir un número de vaixells trencaglaç que suportin una gran quantitat de bucs que naveguin aquestes aigües, amb eines suficients per fer front a la contaminació i un servei eficient de busca i rescat.

- Tot i que la llei de prevenció de la contaminació està establerta, no hi ha sistemes de resposta ràpids i eficients, sobre tot a la NWP i TPP, i per tant, no estem preparats per a un vessament important de petroli en aquestes aigües, el qual seria una desgràcia per al planeta.
- En quan als ports d'aprovisionament, no són fàcils de trobar disponibles per dos grans raons. La primera és el gel, degut a la gran quantitat d'aquest, els principals ports d'aprovisionament que compten amb infraestructures suficients per fer front a problemes com el refugi, busca i rescat i instal·lacions de recepció d'aigües residuals, es troben tancats o inaccessibles durant gran part de l'any. La segona raó és el calat, molts dels ports importants no compten amb un calat suficient per donar refugi a qualsevol vaixell i per tant, trobem que no tots els bucs disposen de ports accessibles on puguin refugiar-se davant d'una clara necessitat.
- En la meva opinió, aquestes rutes són les rutes del futur i abans de l'any 2050, probablement ja estaran en ple funcionament amb infraestructures suficients per suportar grans quantitats de vaixells i poder fer front a tots els problemes ja comentats. Per al moment, seguiran evolucionant i cada any seran navegables durant un període de temps més gran, però amb moltes restriccions i limitacions que moltes empreses no estaran disposades a assumir fins que els estats costers d'aquestes aigües inverteixin en millores d'instal·lacions de reciclatge, ports de refugi, assistència de trencaglaç per a un preu raonable, i disposin de la seguretat de que els seus vaixells estan protegits per equips de cerca i rescat preparats per assistir-los en qualsevol moment.

5.2 BIBLIOGRAFIA

1. *Organització Marítima Internacional (OMI) :*
<http://www.imo.org/MediaCentre/HotTopics/polar/Paginas/Default.aspx>
2. *OMI: directrices para los buques que naveguen por aguas polares, Edicion 2010*
3. <http://astromia.com>
4. <http://diablobanquisa.wordpress.com>
5. <http://www.climatechangenews.com/2016/11/22/melting-arctic-its-a-very-different-svalbard/>
6. <http://www.worldpolicy.org/blog/2015/04/08/future-shipping-trade-arctic-waters>
7. *American Bureau of Shipping:* <http://ww2.eagle.org>
8. *Northern Sea Route Information Office:* http://www.arctic-liaison.com/nsr_generalareadescription
9. *Arctis Knowledge HUB:* <http://www.arctis-search.com>
10. *Web* www.shipandbunker.com
11. *Instituto Español de Estudios Estratégicos:* <http://www.ieee.es>
12. *Arctic Info:* <http://arctic-info.com>
13. *Arctic Portal:* <http://www.arcticportal.org>
14. *National Snow and Ice data center* <http://nsidc.org/arcticseaicenews/category/analysis/>
15. *Llibre "Shipping in Arctic Waters", A comparison of the Northwest and Transpolar passages, Willy Ostreng, Karl Magnus Eger, Brit Floistad, Arnfinn Jorgensen-dahl, Lars Lothe. ISBN: 978-3-642-16789-8*
16. *Suez Canal Toll* <https://www.wilhelmsen.com/tollcalculators/suez-toll-calculator/CalculateSuez?VesselType=ContainerShips&Draft=12.6&Scnt=57387&Grt=39941&ShipStatus=Ballast&EntryPoint=Northbound&FirstTimeTransit=False>
17. *El deshielo en el Ártico últimos 25 años* <https://www.infobae.com/2016/01/12/1782482-video-el-deshielo-del-artico-el-cambio-climatico-los-ultimos-25-anos/>

5.3 ANNEXES

1 - A continuació, mostraré una varietat de fotografies que representen el canvi que ha patit l'Àrtic pel que fa al gel des de l'any 1990 fins a l'any 2015 durant les mateixes èpoques de l'any.

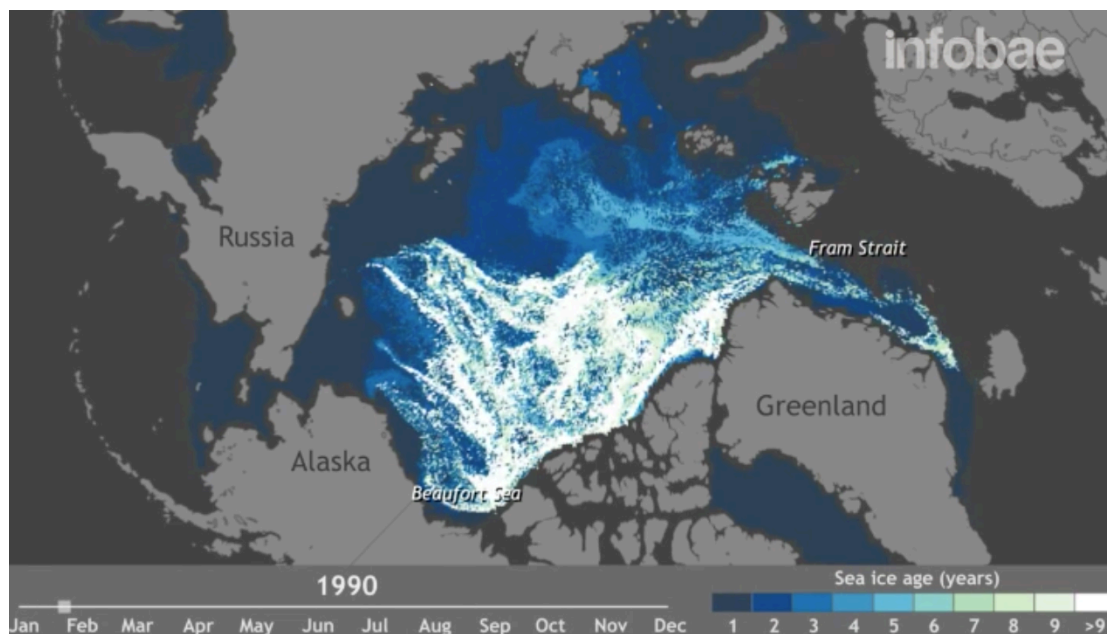


Figura 1: Capa de gel l'any 1990; Font: <https://www.infobae.com/2016/01/12/1782482-video-el-deshielo-del-artico-el-cambio-climatico-los-ultimos-25-anos/>

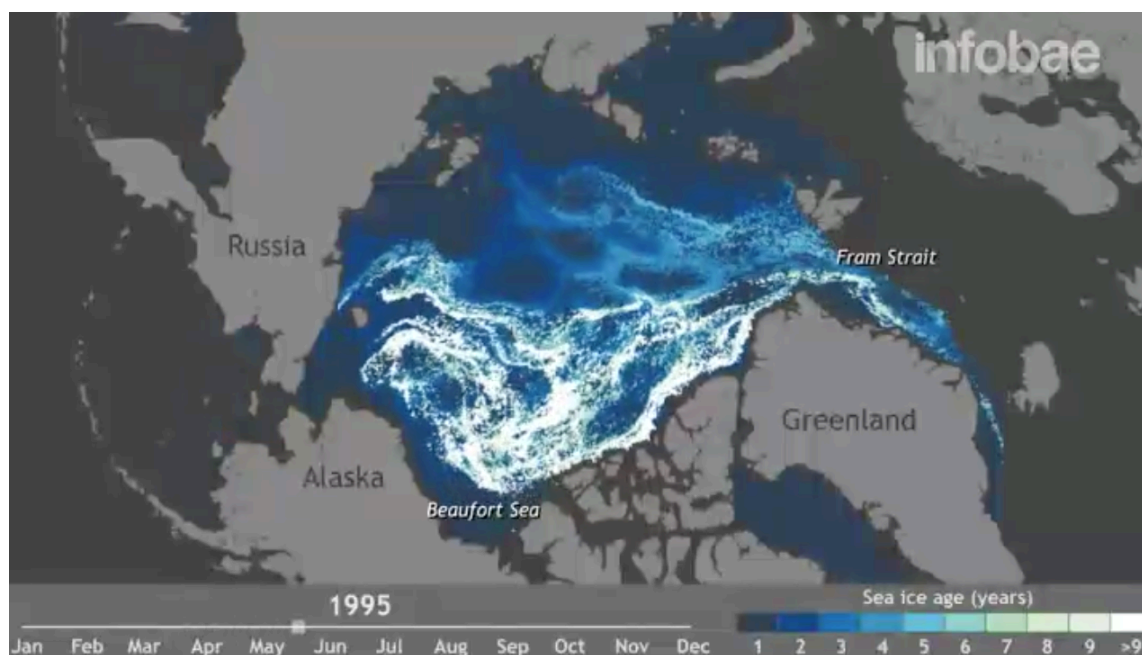


Figura 2: Capa de gel l'any 1995; Font: <https://www.infobae.com/2016/01/12/1782482-video-el-deshielo-del-artico-el-cambio-climatico-los-ultimos-25-anos/>

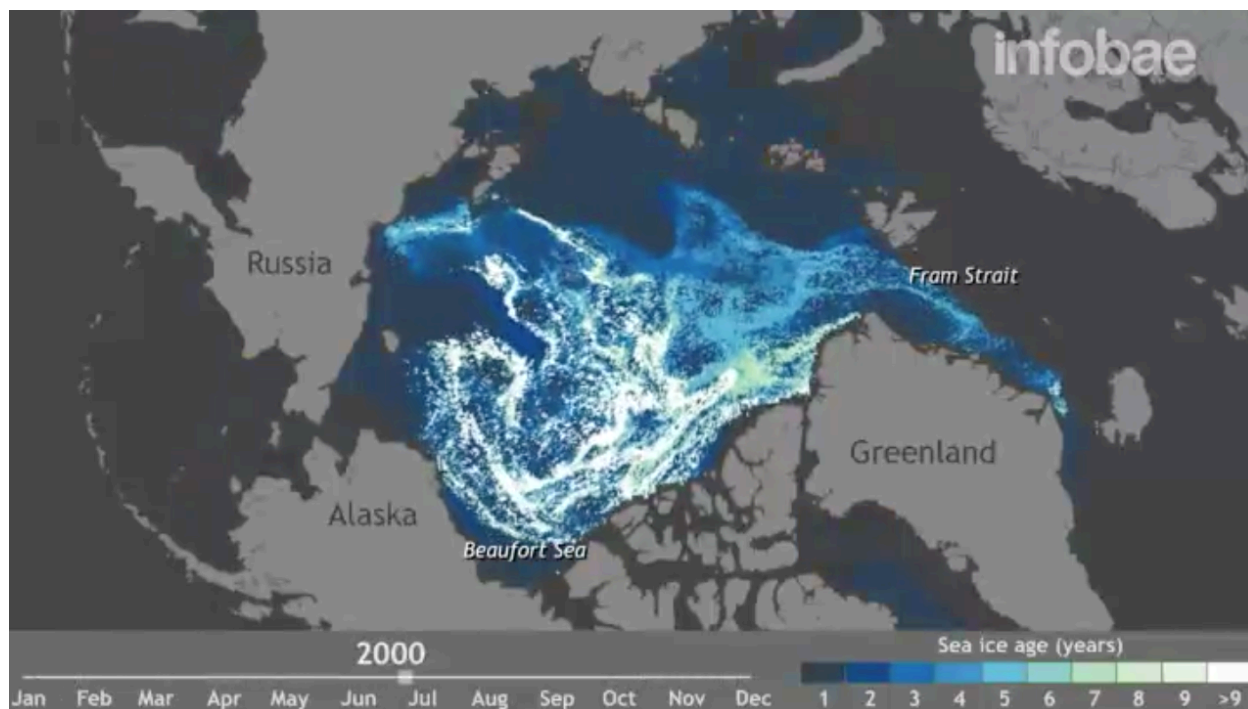


Figura 3: Capa de gel l'any 2000; Font: <https://www.infobae.com/2016/01/12/1782482-video-el-deshielo-del-artico-el-cambio-climatico-los-ultimos-25-anos/>

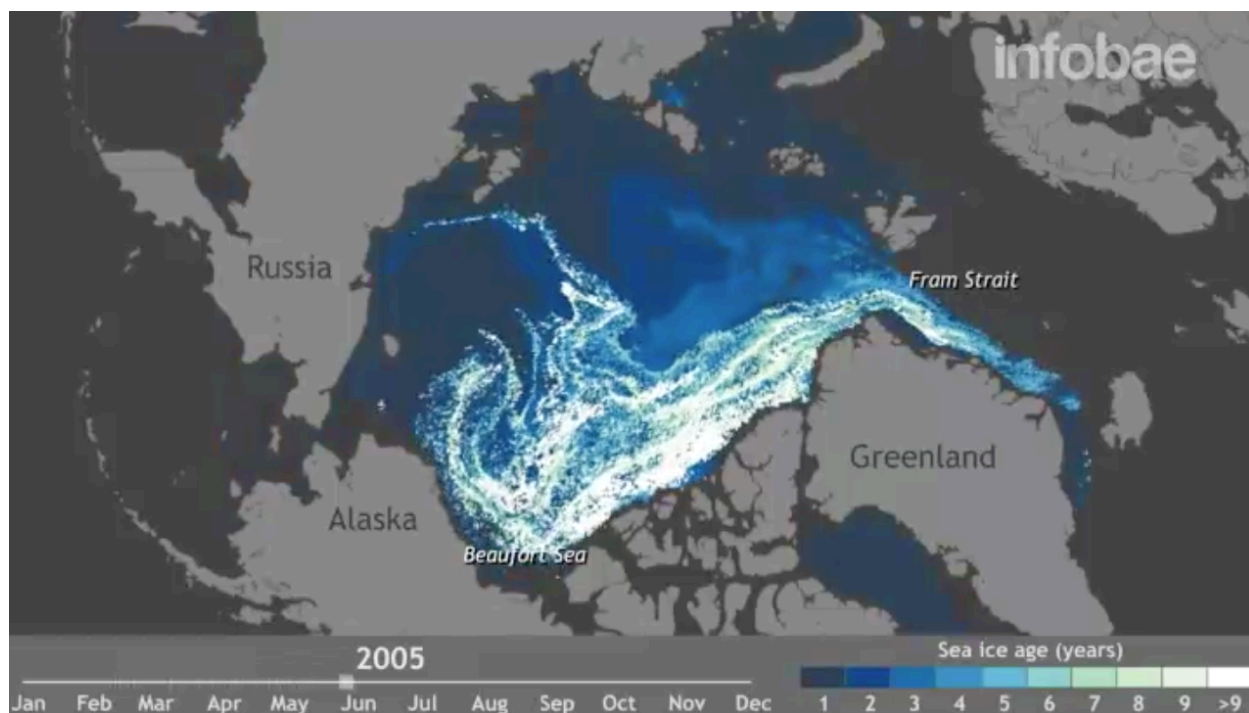


Figura 4: Capa de gel l'any 2005; Font: <https://www.infobae.com/2016/01/12/1782482-video-el-deshielo-del-artico-el-cambio-climatico-los-ultimos-25-anos/>

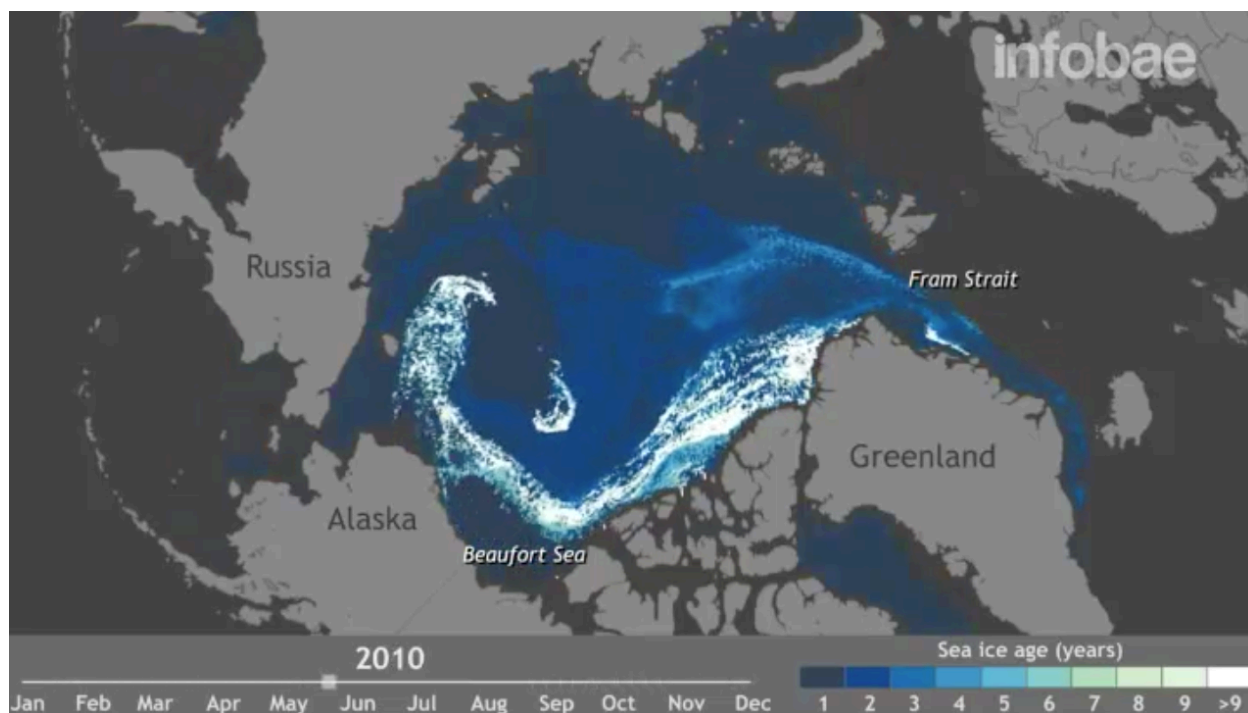


Figura 5: Capa de gel l'any 2010; Font: <https://www.infobae.com/2016/01/12/1782482-video-el-deshielo-del-artico-el-cambio-climatico-los-ultimos-25-anos/>

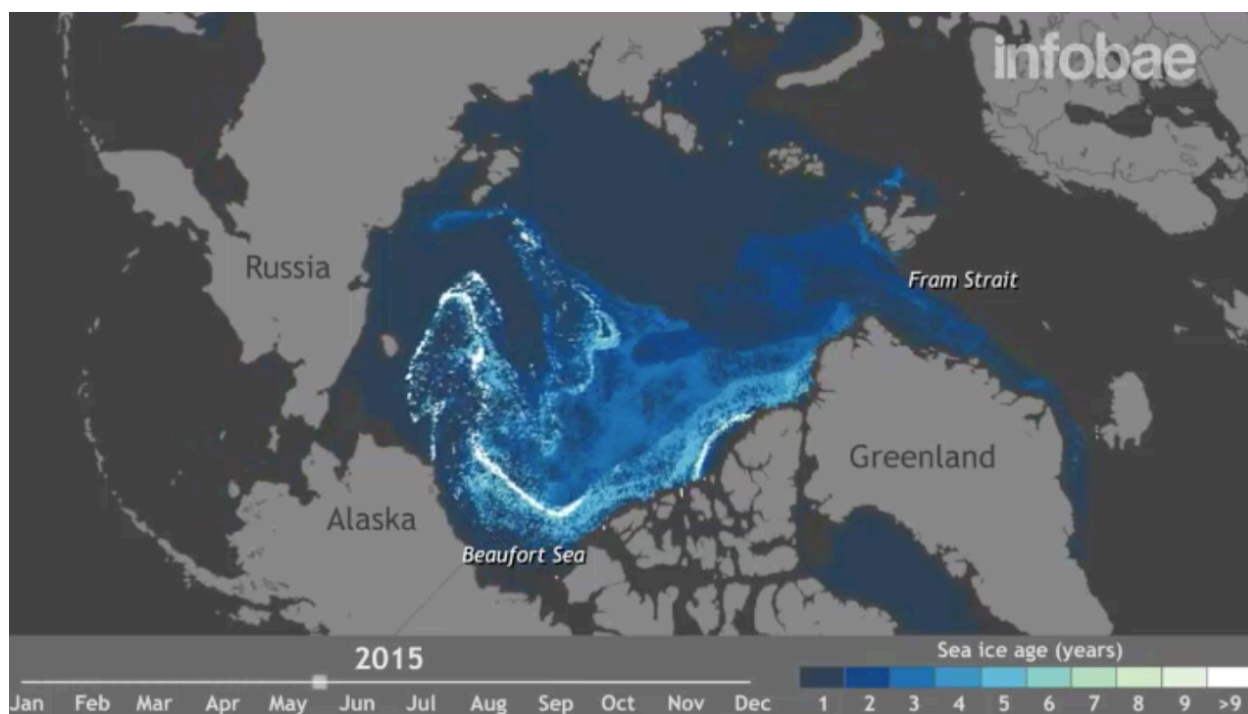


Figura 6: Capa de gel l'any 2015; Font: <https://www.infobae.com/2016/01/12/1782482-video-el-deshielo-del-artico-el-cambio-climatico-los-ultimos-25-anos/>

2 - Per veure-ho més clarificat, la següent taula mostra la quantitat de kilòmetres quadrats de gel a l'Àrtic durant tots els mesos de l'any, des de l'any 1980 fins a l'any 2017.

Evolución del área de los glaciares en el ártico

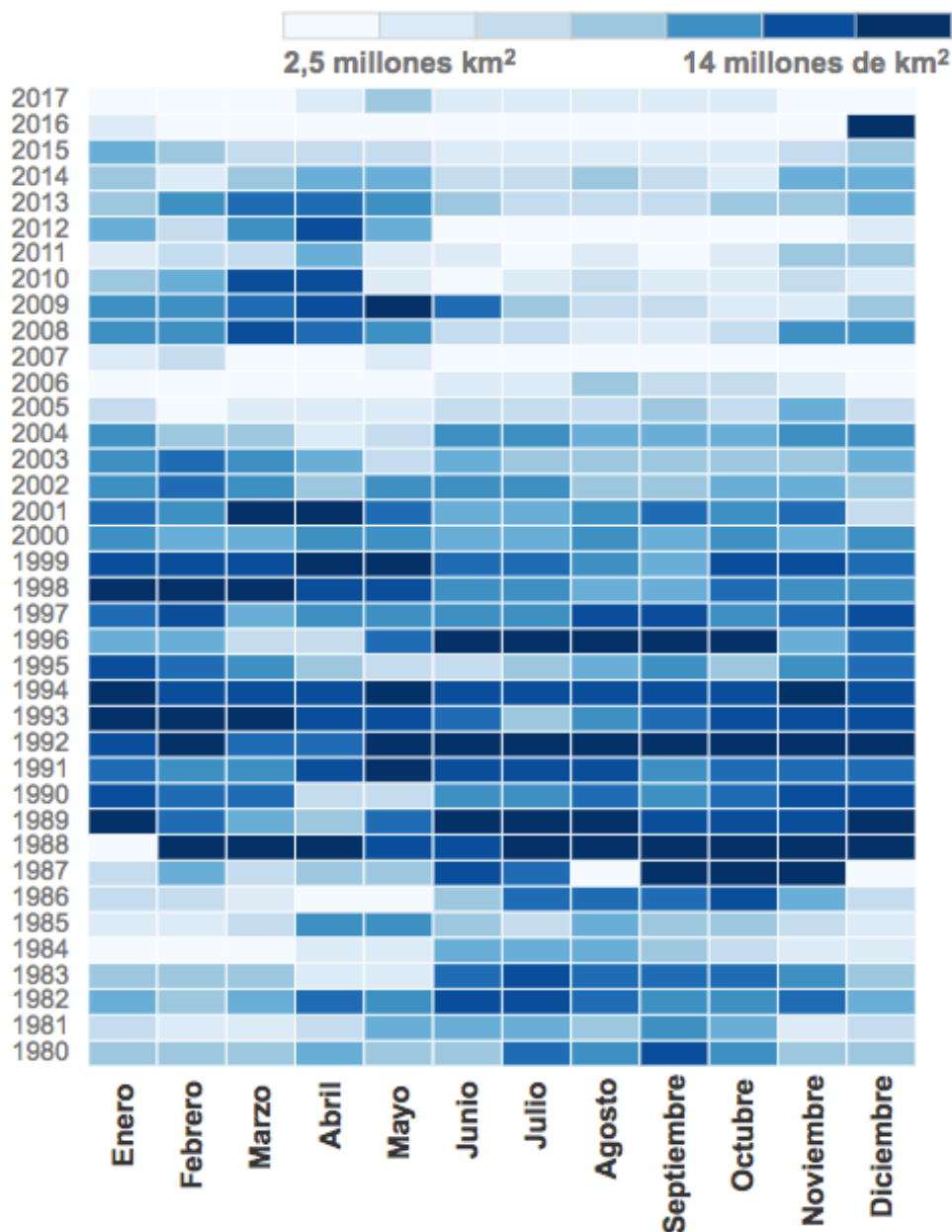


Figura 7: Progrés del desgel des de l'any 1980 fins a l'any 2017; Font: www.lavanguardia.com

3 – El Codi Polar compte amb certs aspectes que provenen de la OMI referits a la seguretat dels bucs que naveguen per les aigües de l'Àrtic.



Figura 8: Codi Polar i la seguretat als vaixells; Font: www.imo.org

4 – A continuació veiem una taula en la que es mostra el trànsit marítim que va haver-hi a la Ruta Marítima del Nord l'any 2016. Aquesta taula consta de vaixells que van realitzar la ruta pràcticament sencera, és a dir, no inclou els vaixells de destinació que realitzen navegacions curtes de reabastiment.

No	Vessel name	Flag	Shipowner	Ice class	Type	Cargo	Qty (mt) / passengers	DWT (tons)	Max draught (m)	Port of departure	Port of destination	I/B assistance	WBNSR (Kara Gate)	WBNSR (Vugorshy Shar)	WBNSR (Zheleznolya)	EBNSR (Cape Dezhnev)	NSR passage time (days)	
1	Kapitan Kholodkov	Russia	PSC "Tat Eastern Shipping Company"	Icebreaker 7	Icebreaker	Passengers	120	4 428	8,5	Anderf	Murmansk	No			27.07.16 21:35	16.07.16 15:30	11,8	
2	Bravo Vilting	Russia	LLC "Vilting Supply"	Arc 5	Tug	n/a	0	4 352	7,4	Rheinsk	Alderton (Svalbard)	Vilgort (Atomfiol)			06.08.16 7:00	21.07.16 18:30	15,5	
3	Yong Sheng	Hong Kong	Coco Shipping Ltd	Arc 4	General cargo carrier	On in bulk steel	13 154	19 150	8,3	Shanghai (China)	Gilgaw (Svalbard)	Vilgort (Atomfiol)			06.08.16 13:26	28.07.16 7:00	9,3	
4	Spasatel Narv	Russia	RII "Marine Rescue Service of Barentsregion"	Arc 5	Rescue	n/a	0	1 209		Saint- Petersbourg	Vladivostok	No		30.07.16 6:30		20.08.16 9:50	21,1	
6	Orion Orlinson	Portugal	Olindorff Carsten GmbH & Co KG	Ice 2	General cargo carrier	Coal	70 175	80 444	16,3	Vancouver (Canada)	Rabe (Finland)	Yamal (Atomfiol)			28.08.2016 23:30	03.08.16 6:00	15,7	
7	Whiter Bay	St. Kitts & Nevis	Devlada Ltd	Ice 1	Refrer	Frozen meat	1 425	2 050	5,4	Tromsø (Norway)	Osaka (Japan)	No			10.08.16 14:28	26.08.16 11:20	15,9	
8	Tian Xi	Hong Kong	Coco Shipping Ltd	Ice 1	General cargo carrier	Paper pulp	30 042	36 000	10,5	Kotka (Finland)	Qingdao (China)	Yamal (Atomfiol)			16.08.16 12:40	29.08.16 14:15	13,1	
9	Vitor Vilting	Russia	LLC "Vilting Supply"	Arc 7	Tug	n/a	0	2 600	6,75	Rheinsk (Sweden)	Landskrona (Sweden)	No		30.08.16 0:20	19.08.16 23:00	10,3		
10	SO Ice Pobedy	Russia	FSUE "Atomflot"	Icebreaker 9	Icebreaker	n/a	0	3 505	11,0	Murmansk	Anderf	n/a	20.08.16 4:20			26.08.16 15:50	6,4	
11	Henaresk	Bahamas	Hapag-Lloyd Kreuzfahrten GmbH	Arc 5	Passenger	Passengers	126	1 127	4,9	Murmansk	Provideniya	No			24.08.16 4:00	06.09.16 21:30	13,7	
12	Gang Orlinson	Portugal	Olindorff Carsten GmbH & Co KG	Ice 2	General cargo carrier	Coal	70 175	81 400	16,5	Vancouver (Canada)	Rabe (Finland)	No			06.09.16 19:00	30.08.16 13:45	9,2	
13	Varsovia Mudy	Russia	Vakur Ltd	Arc 4	General cargo carrier	Oil products	8 470	10 463	8	Ashgorsk (China)	Petrozavodsk Kamzatskiy	No	02.09.16 18:00			12.09.16 11:41	9,7	
14	RIK Lina	Germany	RIK Chartering Carsten GmbH and Co. KG	Arc 5	General cargo carrier	General cargo	300	7 819	5,8	Shanghai (China)	Bremerhaven (Germany)	No			16.09.16 8:33	07.09.16 6:45	9,1	
15	Whiter Bay	St. Kitts & Nevis	Devlada Ltd	Ice 1	Refrer	Frozen fish	1 874	2 050	5,8	Petrozavodsk Kamzatskiy	Saint- Petersbourg	No			11.10.16 11:45	03.10.16 15:25	8,4	
16	Imshner Tishin	Russia	Northern Shipping Company	Arc 5	General cargo carrier	Bulkmet	0	7 075	5,8	Ashgorsk (China)	Qingdao (China)	SO Ice Pobedy (Atomfiol)				12.10.16 16:50	11,7	
17	Norman	Liberia	LLC "Yenko management"	Arc 7	Supply vessel	n/a	0	2 600	7,6	Bergen (Norway)	Rheinsk				02.11.16 12:00	17.11.16 17:45	15,2	
18	HLK Vahurisko	Liberia	Hansa Heavy Lift	Arc 4	General cargo carrier	Port cranes, sand in big bags, inventors	4 097	19 413	8,8	Saint- Petersbourg	Vostochny (Atomfiol)	SO Ice Pobedy (Atomfiol)			01.11.16 20:30	11.11.16 19:06	7,9	
19	Pomier	Liberia	LLC "Yenko management"	Arc 7	Supply vessel	n/a	0	2 600	6,1	Bergen (Norway)	Rheinsk				06.11.16 8:10	17.11.16 18:20	9,4	
Total							218 513	246	Average									14,3
Passengers																		

Figura 9: Vaixells que van transitar la NSR l'any 2016; Font: www.arctic-lia.com

- 5 – Seguidament, es mostren els vaixells que van realitzar la Ruta Marítima del Nord-oest durant l'any 2017, fins ara l'any que més vaixells l'han transitat. Des que la NWP existeix, 287 vaixells han navegat aquesta ruta. Durant l'any 2017, 32 vaixells van utilitzar-la per creuar des de l'oceà Atlàntic a l'oceà Pacífic o viceversa.

255 Abel Tasman (22·9 m yacht) Cook Islands Roger Wallis3 East 6
 256 Alkahest (12·8 m cutter) United States28 Jay Tremblay West 6
 257 Arcticaborg (icebreaking tug) Curaçao Igor Umerenko West 3
 258 Atlanticborg (ice-strengthened cargo ship) Netherlands8 Vladimir Manaev East 7 Carried a cargo of carbon anodes, China to Quebec
 259 Bremen9 (ice-strengthened ship) Bahamas25 Roman Obrist2 East 7 Carried passengers54
 260 Celebrate (17·7 m yacht) United States29 Charles Simon West 6
 261 Crystal Serenity2 (cruise vessel) Bahamas26 Birger J. Vorland2 East 5 Carried approximately1400 passengers54 and crew, traversed Pond Inlet, escorted by RRS Sir Ernest Shackleton from Holman
 262 Freydis (16·9 m cutter) Germany7 Erich Wilts East 6
 263 Havelstern (tanker) Canada46 Daniel Roberts West 3 Fuelled several settlements during transit, assisted by CCGS Pierre Radisson
 264 Irene (15·2 m ketch) United States30 Peter Niemann East 6
 265 Kerguelen (11·3 m ketch) France26 Erwan Dupeis West 3
 266 Kigdlua (12·8 m sloop) Greenland Jens Erik Kjeldsen West 4
 267 Lady Free (12·4 m gaff cutter) Norway4 Jan Martin Nordbotten East 6 Circumnavigated the Americas
 268 Larissa (13·7 m cutter) New Zealand6 Mark Domney East 6
 269 Le Boreal2 (cruise vessel) France27 Erwin Le Rouzik West 6 Carried passengers55
 270 Le Why (20 m schooner) France28 Ghisiain Bardout West 4
 271 Ma Louloutte (6·3 catamaran) France29 Yvan Bourgnon East 6 Transit completed only with towing, and much other assistance, by and from, several small craft
 272 Makoré 2 (13·6 m yacht) France30 Paul Bucaille West 6
 273 USCGC Maple (buoy tender) United States31 Patrick Armstrong East 3 Escorted by CCGC Sir Wilfred Laurier and CCGS Terry Fox
 274 Morning Haze (16·9 m sloop) Germany8 Jochen Winter West 6
 275 Muktuk2 (14·3 sloop) Austria4 Karl Mayer2 East 6
 276 Nauta D (16·5 m yacht) Germany9 Manfred Heinrich West 6
 277 Nehaj (11·9 m cutter) Germany10 Susanne Huber-Curphey East 6 Single-handed voyage12
 278 Nordica2 (multipurpose icebreaker) Finland5 Jyri Vilanen East 3 Repositioning voyage4
 279 Plum (21·9 m cutter) Malta Enrico Tettamanti East 6 Circumnavigated North America
 280 Polar Bound7 (14·6 m motor boat) Britain25 David Scott Cowper8 East 5
 281 Polar Prince2 (icebreaker) Canada47 Stephan Guy West 3 Carried passengers56
 282 Tiama (15·2 m sloop) New Zealand7 Hank Haazen East 6
 283 Tonga (13·8 m yacht) France31 Franck Delahaie West 6
 284 Tranquilo 2 (17·6 m cutter) Netherlands9 Bart Veldink2 East 5
 285 Valentina (15·2 m sloop) Russia26 Sergei Shchekoldin West 6
 286 Xue Long (icebreaker) China (Beijing) Shen Quan West 3
 287 Zulumbus (11·7 m yacht) Austria5 Bernhard Moser West 6

- 6 – El següent formulari és el que s’ha d’omplir per navegar la NSR, entregant-lo a les autoritats de l’Administració de la NSR.

Application for Admission

to navigate in the Northern Sea Route Area (NSRA)

(to be sent to the Northern Sea Route Administration by email in pdf format)

_____ No _____
(Date, Month, Year)

1. Details of Vessel(s)

No in order	Vessel(s) name(s)	Type of the vessel
1		

2. Applicant status

(tick box)

Ship owner

☐

Ship owner's
representative

☐

Ship Master

☐

3. Details of Applicant

3.1 Filled by legal entities only

Full name of organization IMO number (if available)	
Surname, First name, Patronymic (if available) of the Head	
Contact telephone, Fax, E-mail	

3.2 Filled by individuals only

Surname, First name, Patronymic (if available) of the Applicant	
Contact telephone, Fax, E-mail	

Prior to entering the NSRA the Ship owner undertakes to provide the vessel's compliance with the Regulations for Navigation in the NSRA

Enclosure (files in pdf format):

- 1) vessel and voyage details as per Annex 1 to the Regulations for Navigation in the water area of the NSR;
- 2) copy of vessel's Classification Certificate;
- 3) copy of Tonnage Certificate;
- 4) copies of documents on insurance and financial security with regard to the Civil Liability for pollution damage caused by the ship or any other damage caused by the ship, issued by International Treaties in accordance with the Russian Federation and the Legislation of the Russian Federation (Civil Liability Convention Certificate)

(CLC), Civil Liability for Bunker Oil Pollution Damage Convention Certificate (CLBC));

- 5) copy of single voyage certificate issued by the organization responsible for the classification and certification of ships that approved this voyage (only for single voyage vessel navigating outside the prescribed area and season range of navigation).
- 6) copy of certificate issued by the organization responsible for the classification and certification of ships that approved the towing project, (only for towing vessel, including towing of drilling rigs).
- 7) copy of the Applicant's document of identity (for individuals only).
- 8) copy of the document confirming the authority of the person who signed the application on his own behalf or on behalf of the Ship owner (for individuals only).

Applicant's Position

Signature

Full name

